Musikgenuß ohne Rauschen

Musik gehört zu den ältesten Äußerungsweisen der Menschen. Physikalisch betrachtet ist sie eine Abfolge von Tönen, die sich in Frequenz, Lautstärke und Geschwindigkeit ihres Aufeinanderfolgens unterscheiden – das ist aber nur die eine, alleräußerlichste Seite der Musik.

Es gibt nur wenige Äußerungsweisen, die auf die Empfindungen der Menschen derart stark einwirken wie die Musik. Sie kann traurig und fröhlich machen, ja, sie kann sogar ausgesprochen heroische und sogar fanatische Gefühle auslösen. Machthaber haben das zu allen Zeiten ausgenutzt und ihr Volk mit Musik in der gewünschten Richtung manipuliert.

Wilhelm Busch – der geistige Vater von „Max und Moritz" – dichtete einmal: „Musik wird störend oft empfunden, dieweil sie mit Geräusch verbunden." Er meinte damit, daß einem lautes Gedudel auf die Nerven gehen kann; dieser Satz klingt fast prophetisch. Zu Buschs Zeiten war noch nicht einmal die Schallplatte erfunden, geschweige denn die Kompakt-Cassette, die es heutzutage besonders leicht macht, den Nachbarn mit dem zu stören, was man selbst unter Musikgenuß versteht.

Wer Musik nicht nur als Geräuschkulisse im Hintergrund wahrnimmt, sondern sie genauer hört, ist in der Regel besonders empfindlich gegen Störgeräusche. Das gilt nicht nur für sogenannte E-Musik – von Mozart und Beethoven z.B. –, sondern auch für Jazz, Pop usw., die man gemeinhin U-Musik nennt. Es gibt – allerdings sehr selten – Menschen, die das sogenannte absolute Gehör haben, d.h. die Höhe eines Tones so wahrnehmen, daß sie hören, der jetzt gespielte Ton ist beispielsweise der Kammerton a. Er hat 440 Schwingungen in der Sekunde, oder – fachmännisch ausgedrückt – eine Frequenz von 440 Hertz (Hz). Aber man muß nicht gleich das absolute Gehör haben, um Nebengeräusche bei der Musikwiedergabe als störend zu empfinden.

Mit der elektrischen Schallübertragung kommen auch Störungen in die Musikwiedergabe

Wer Musik im Konzertsaal hört, muß sich nicht mit Problemen wie Knacken oder Rauschen auseinandersetzen – höchstens mit dem Rascheln vom Bonbonpapier seines Nachbarn. Er hat außerdem den Vorteil, die Musik räumlich zu hören. Die Tatsache, daß wir zwei Ohren haben, befähigt uns ja dazu, zu unterscheiden, ob ein Geräusch von links, von rechts, aus der Mitte oder anderswoher kommt.

Mit der Erfindung der Schallaufzeichnung war zwar nicht zugleich auch die räumliche Wiedergabe erfunden (die kam erst später durch die Stereophonie), man hatte aber zumindest erreicht, Musik, Sprache oder Geräusche zu speichern und zu jeder Zeit und an jedem Ort wiederzugeben. Später kam die elektrische Schall-

übertragung hinzu, die entweder über eine Leitung oder drahtlos über Funk erfolgt.
Der elektrischen Schallübertragung liegt das Prinzip der sogenannten *elektroakustischen Wandlung* zugrunde. Dabei wandelt ein Mikrophon die Druckschwankungen der Schallwellen in elektrische Signale um, die über einen Verstärker an einen Lautsprecher gehen, der diese elektrischen Signale wiederum in Schallwellen zurückverwandelt. Das Prinzip sehen Sie in *Abbildung 1*.
Vor der Erfindung der Stereophonie war das nur *mono*akustisch möglich. Das heißt, über *ein* Mikrophon und *einen* Lautsprecher wurden sämtliche Tonsignale aufgenommen und wieder abgestrahlt. Heute ist die stereophone Aufnahme und Wiedergabe eigentlich schon die Regel. Dabei wird bei der Aufnahme mit mindestens zwei Mikrophonen gearbeitet und die Übertragung auf zwei Kanälen (rechts und links) vorgenommen; die Wiedergabe erfolgt entsprechend über zwei Lautsprecher. Auf der Basisbreite zwischen den beiden Lautsprechern läßt sich gewissermaßen eine Abbildung des Klangkörpers vornehmen, den die Mikrophone aufgenommen haben. Das Erstaunliche dabei ist, daß man nicht nur rechts und links hört, sondern auch die verschiedenen Positionen zwischen den beiden Lautsprechern. Voraussetzung ist, daß Sie von den beiden Lautsprechern jeweils gleichweit entfernt sind und sich z.B. nicht durch Hinschauen so auf die beiden Lautsprecher orientieren, daß Sie die scheinbar aus der Mitte zwischen den Lautsprechern kommenden Töne wieder dem rechten oder linken Lautsprecher zuordnen. Das ist eigentlich mehr ein psychologisches Phänomen. Besonders plastisch wird die räumliche Schallwiedergabe bei der *Kunstkopf-Stereophonie* per Kopfhörer (siehe dazu im *Hobbythek-Buch 1*).
Die heute verfügbaren technischen Möglichkeiten der Musikaufnahme, der Übertragung und der Wiedergabe haben einen sehr hohen Standard erreicht. Auf der anderen Seite sind wir aber auch immer anspruchsvoller und möglicherweise auch empfindlicher gegenüber noch ungelösten Problemen dieser Technik geworden. Das betrifft bei der Schallplatte, dem Tonband und der Kompakt-Cassette u.a. Probleme mit dem *Gleichlauf* und

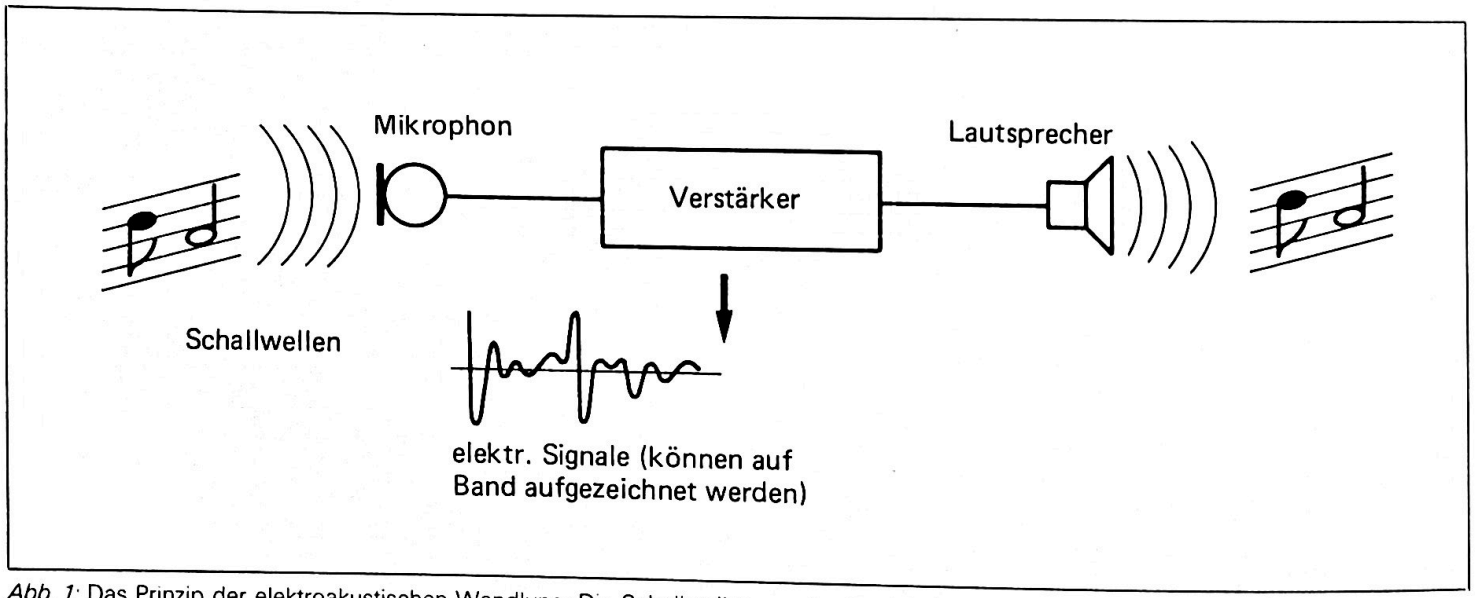


Abb. 1: Das Prinzip der elektroakustischen Wandlung: Die Schallwellen werden in elektrische Signale und wieder zurück in mechanische Schwingungen der Lautsprechermembran umgewandelt.

bei allen Aufnahme- und Wiedergabetechniken Probleme des *Frequenzumfangs* und der Nebengeräusche, z.B. des *Rauschens*. Mit Gleichlauf und Frequenzumfang wollen wir uns hier nicht beschäftigen, wohl aber mit dem Problem des Rauschens. Da haben wir einen ganz „heißen" Tip für Sie. Zuvor aber noch ein wenig zur Theorie.

Der Schall wird gespeichert

Man kann heute auf der Platte, dem Spulentonband oder auch der Kompakt-Cassette Musik, Sprache oder irgendwelche Geräusche in erstaunlicher Qualität speichern. Die Firmen der Unterhaltungs-Elektronik haben für die naturgetreue Wiedergabe eine Norm festgelegt, die unter der Nr. DIN 45500 – der sogenannten *HiFi-Norm* – geführt wird. Die Einhaltung dieser Norm garantiert nicht völlige Freiheit von Verzerrungen und anderen Störungen im Klangbild; für den Normalgebrauch bedeutet sie aber doch schon einen recht hohen Standard.
Überhaupt ist es ja nicht so, daß man alles, was sich technisch erreichen läßt, auch tatsächlich noch hört. Wenn z.B. Ihr Gerät Frequenzen bis zu 20000 Hz überträgt, dann werden Sie die letzten paar tausend Hertz wahrscheinlich gar nicht hören. Die Fähigkeit, hohe Frequenzen zu hören, läßt nämlich mit zunehmendem Alter ziemlich schnell nach. Ein Mensch mittleren Alters hört meistens nur noch bis höchstens 15000 Hz.
Aber das sind Beeinträchtigungen, die den Musikgenuß nicht spürbar beeinträchtigen. Anders aber ist es mit dem Rauschen.

Auf der Schallplatte ist man dem Rauschen inzwischen recht erfolgreich zu Leibe gerückt. Besonders rauscharm sind in der Regel die sogenannten Direktschnittplatten, bei denen die Aufzeichnung ohne das Tonband als Zwischenträger erfolgt: Die Musik wird direkt auf den Schneidstichel und von diesem auf die Matrize übertragen. Allerdings hat eine Schallplatte, die ja mit Hilfe eines Tonabnehmersystems *mechanisch* abgetastet wird, wieder andere Nachteile. Kleine Verschmutzungen, winzige Kratzer und elektrostatische Aufladungen der Kunststoffplatte machen sich bei der Wiedergabe störend bemerkbar. Sie kennen sicher das berühmte Knakken, Rauschen und möglicherweise auch das Rumpeln, das vom Plattentellerantrieb oder einer schlechten Platte herrührt. Einige dieser Nachteile hat das Tonband nicht.

Schallaufzeichnung auf Magnetband

Die Aufzeichnung und Wiedergabe beim Magnetband wird nicht mechanisch, sondern durch elektromagnetische Verfahren vorgenommen. Das Prinzip besteht – vereinfacht gesagt – darin:
Verwendet wird ein Band aus Polyester mit einer speziellen Beschichtung, die mit feinsten magnetisierbaren Teilchen durchsetzt ist (vgl. dazu die Mikroaufnahme in *Abbildung 2*). Die magnetisierbaren Teilchen bestehen in der Regel aus Eisen, Eisenoxid oder/und Chromdioxid.
Die Spulentonbänder herkömmlicher Art sind relativ breit (¼ Zoll =

Abb. 2: Mikroaufnahme der Metall-Pigment-Partikel in der Beschichtung eines modernen Tonbandes.

6,35 mm), und sie laufen auch mit vergleichsweise hoher Geschwindigkeit am Tonkopf vorbei (in der Regel mit 9,5 cm in der Sekunde).
Bei dem Versuch, die Tonbandtechnik immer stärker zu miniaturisieren und zugleich in der Handhabung einfacher zu machen, ist man in den Sechziger Jahren einen Schritt weitergekommen. Damals hat die Firma Philips die Tonbandcassette herausgebracht und zugleich das Glück gehabt, daß sie zu einer Norm in der ganzen Welt wurde.

Diese Tonbandcassette hat ein wesentlich dünneres und schmaleres Band (3,18 mm = 1/8 Zoll gegenüber den 6,35 mm des Spulentonbandes), und es läuft nur mit einer Geschwindigkeit von 4,75 cm in der Sekunde am Tonkopf vorbei.

Wenn man eine mit der Schallplatte oder dem Spulentonband vergleichbare Wiedergabequalität erreichen will, dann bedeutet das bei der (billigen und handlichen) Kompakt-Cassette zugleich einen relativ hohen Aufwand an Technik der Geräte. Der Unterschied in der Tonqualität ist bei einem Cassetten-Recorder wesentlich größer als etwa bei einem vergleichbar guten Plattenspieler. Dieser hat aber den Nachteil, daß die Platte bei häufigem Abspielen leicht beschädigt werden kann und überdies ja nicht neu zu bespielen ist. Aber selbst das teuerste Cassettengerät kann bestimmte Störgeräusche nicht beseitigen, insbesondere die vom Bandmaterial herrührenden. Deshalb ist das Gerät zur Rauschunterdrückung, das wir hier vorstellen wollen, auch für teure Cassettendecks geeignet und macht bei exaktem Abgleich aus guten Geräten absolute Spitzenklasse. Zum Abgleich werden wir weiter unten noch einiges sagen. Aber bevor wir auf die Möglichkeiten zur Rauschunterdrückung eingehen, zunächst noch ein Wort zur Technik der Tonaufzeichnung.

Was passiert beim Bespielen eines Tonbandes

Wir haben das Prinzip der Tonaufzeichnung einmal auf *Abbildung 3 a* dargestellt. Das Band läuft von der Abwickelspule, die sich bei Cassettengeräten mit der Aufwickelspule in einem gemeinsamen Gehäuse befindet, auf diese Aufwickelspule. Zwischen beiden Spulen wird es an einem Tonkopf, dem Aufnahmekopf, vorbeigeführt. An diesem Aufnahmekopf werden die elektrischen Signale, die im Mikrophon aus den Schallwellen gewonnen wurden, auf das Band aufgezeichnet; d.h. durch den Tonkopf werden die im Mikrophon gewonnenen elektrischen Signale in ein Magnetfeld verwandelt, das die magnetisierbaren Teilchen im Tonband entsprechend magnetisiert. Die ursprünglichen Schallwellen sind also über Mikrophon und Tonkopf gewissermaßen als ein Abbild aus magnetischen Veränderungen auf das Band gekommen.
Bei der Wiedergabe werden die bei der Magnetisierung entstandenen Magnetfelder abgetastet: Wie in *Abbildung 3 b* zu sehen ist, läuft beim Abspielen das magnetisierte Band nun am Tonwiedergabekopf vorbei, in dem es ein entsprechendes Magnetfeld erzeugt. Wenn Sie genau hinschauen, dann erkennen Sie, daß der Eisenkern bis auf einen feinen Luftspalt geschlossen ist. Über diese Lücke wird das Magnetfeld des Tonbandes abgetastet, das mit gleichmäßiger Geschwindigkeit an diesem Luftspalt vorbeigeführt wird.
Je feiner der Luftspalt ist, desto geringer sind die magnetischen Verluste und desto besser ist auch der Frequenzgang. Die Kunst besteht also darin, einen besonders präzisen Magnetkopf herzustellen. In der um den Eisenkern des Tonkopfes gewickelten Spule entstehen durch die der Musik entsprechenden wechselnden Magnetfelder elektrische Signale. Diese geben also genau die Impulse wieder, die auf dem Band gespeichert wurden. Sie werden über einen Verstärker zu den Lautsprechern geführt und dort in Schallwellen zurückverwandelt.
Dieser im Grunde recht einfach anmutende Prozeß erfordert in der Praxis einen enormen technischen Aufwand. Den sieht man heute nicht mehr an der Gerätegröße, weil längst winzige Halbleiterelemente die alten, großen Verstärkerröhren ersetzt haben. Trotzdem können alle Anstrengungen nicht das berühmte *Bandrauschen* verhindern, das von der körnigen Struktur der Magnetisierungsschicht im Band und von ihren unvermeidlichen Unregelmäßigkeiten herrührt.

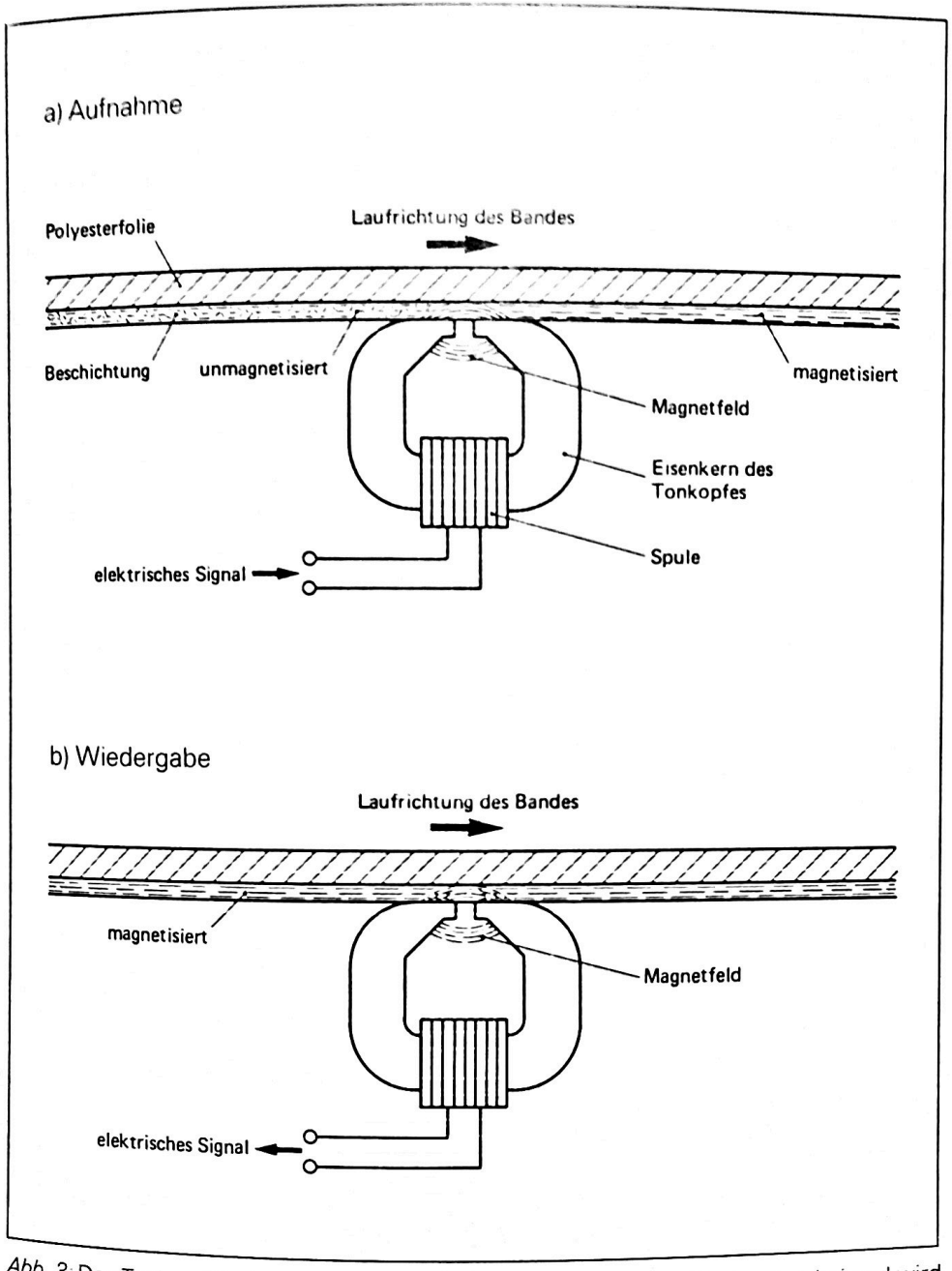


Abb. 3. Das Tonband läuft mit gleichmäßiger Geschwindigkeit am Tonkopf vorbei und wird bei der Aufnahme (a) magnetisiert; bei der Wiedergabe (b) wird die Magnetisierung abgetastet.

Noch ein Wort zum Rauschen bei Tonband oder Cassette

Durch Ungleichmäßigkeiten der magnetischen Teilchen auf dem Tonband, aber auch durch andere Faktoren, entsteht also ein Rauschen, das gleichmäßig und *unabhängig von der Lautstärke der aufgenommenen Musik* vorhanden ist. Bei lauten Stellen in der Musik – musikalisch ausgedrückt beim *forte* oder *fortissimo* – hört man dieses Rauschen gar nicht: Es wird von der Musik einfach zugedeckt („Verdeckungseffekt"). Zu hören ist es allerdings bei leisen Stellen und natürlich auch dort, wo Pausen sind. Dieses Eigenrauschen kann so laut sein, daß sehr leise Stellen ganz in ihm versiegen. Es gibt Instrumente, deren Klangbild dafür besonders anfällig ist. Das sind z.B. die Streichinstrumente oder die Flöten, wenn sie ganz leise spielen – aber auch das Klavier, wenn zwischen den Anschlägen größere Zeitintervalle liegen.

Wir sagten schon, daß diese Schwierigkeiten mit dem Rauschen nicht in den modernen Geräten begründet sind, sondern in den schmalen und langsam laufenden Tonbändern der Kompaktcassetten, in geringerem Maße natürlich auch in den breiteren und schneller laufenden Spulentonbändern. Was kann man nun gegen dieses Rauschproblem unternehmen?

Zunächst versuchte man, das Eigenrauschen der Kompaktcassetten durch verbessertes Bandmaterial zu begrenzen. Zu bereits sehr spürbaren Verbesserungen kam man, indem man das magnetisierbare Material veränderte. Es bestand ursprünglich

aus Eisenoxid. Das wurde dann durch Chromdioxid ersetzt, und schließlich entwickelte man sogenannte Zweischichtbänder mit mehreren Materialien. Der letzte Schrei ist das Reineisenband, das höher aussteuerbar ist.

Trotz allem macht sich auch hier bei der langsamen Bandgeschwindigkeit der Cassette das Eigenrauschen immer noch störend bemerkbar. Die Benutzer von Cassetten-Rekordern versuchen dann oft, das Rauschen des Bandes durch Einschalten des Rauschfilters am Receiver zu unterdrücken oder zumindest einzuschränken. Bei diesem Verfahren wird der hochfrequente Anteil des Rauschens gedämpft. Das Rauschen verschwindet dann zwar; man erkauft dies allerdings damit, daß auch die hohen Töne und Obertöne der Musik gedämpft werden und damit die Brillanz und Wiedergabetreue der Musik erheblich eingeschränkt wird: Das entspricht dann natürlich nicht mehr den HiFi-Sollwerten.

Bei der Wiedergabe von Musik in HiFi-Qualität sollen nicht nur alle Töne des hörbaren Bereichs möglichst störungsfrei wiedergegeben werden, sondern auch der Dynamikumfang soll dem des Originals möglichst nahe kommen. Unter Dynamikumfang versteht man den Pegelabstand zwischen der leisesten und der lautesten Stelle eines Musikstückes. Er beträgt bei hoher Wiedergabequalität 60 bis 85 dB (Dezibel, dies ist ein Maß für die Dämpfung bzw. Verstärkung von Signalen). Wie sich dieser Umfang darstellen läßt, können Sie auf *Abbildung 4* sehen.

Dieser Dynamikumfang wird bei der Wiedergabe zunächst durch das Eigenrauschen des Verstärkers und des Bandes, dann aber auch durch die akustischen Verhältnisse des Wiedergaberaumes (z. B. Ihres Wohnzimmers) begrenzt. Das Eigenrauschen des Verstärkers hat man inzwischen technisch im Griff; Es ist praktisch nicht hörbar. Schwierig ist es aber mit Eigenrauschen des Bandes. Der Pegel des Rauschens überlagert sich bei der Aufzeichnung dem Tonsignal, und er kann – wie in *Abbildung 5* dargestellt – sogar höher als der schwächste Pegel des Musiksignals sein. Bei der Wiedergabe ist infolgedessen bei leisen Musikpassagen deutlich ein Rauschen zu hören, und es kann sogar passieren, daß die Musik ganz im Rauschen versinkt. Mit anderen Worten: Die untere Begrenzung des Dynamikumfangs wird durch das Bandrauschen deutlich angehoben und damit der Gesamtumfang verkleinert.

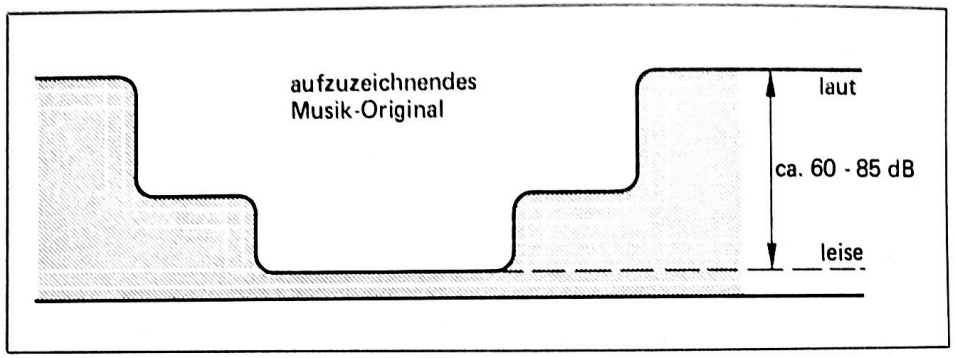


Abb. 4: Schematische Darstellung der Dynamik bei aufzuzeichnenden Tonsignalen. Zur Bezeichnung dB (Dezibel) siehe Text.

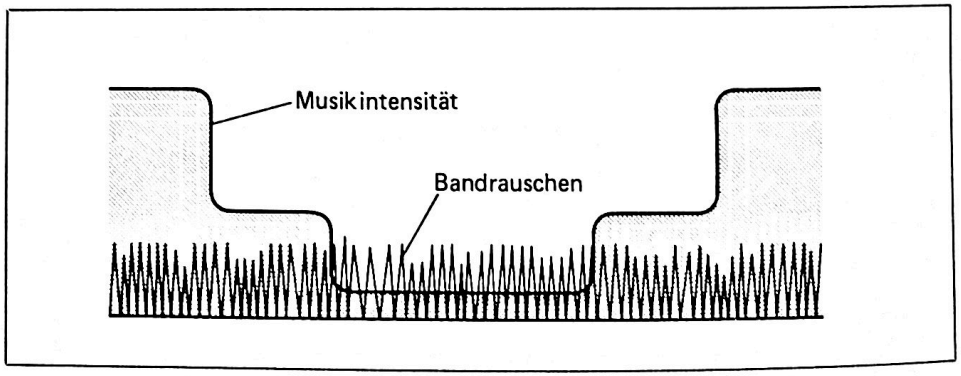


Abb. 5: Die leisen Musikpassagen (*piano* oder *pianissimo*) versinken im Bandrauschen.

Verfahren zur Rauschunterdrückung

Nun könnte man ja auf die Idee kommen, das Rauschen dadurch zu begrenzen, daß man die Aufnahme einfach stärker aussteuert. Dadurch würde das Musiksignal zwar über den Rauschpegel angehoben und das Rauschen zurückgedrängt, zugleich würden aber laute Musikpassagen übersteuert werden, weil (wie erwähnt) ein Tonband nur begrenzt magnetisiert werden kann. Auch die besten gegenwärtig verfügbaren Magnetbänder schaffen nur einen Dynamikumfang von höchstens 65 bis 70 dB, z. B. die neuen Reineisenbänder. Normalbänder liegen erheblich niedriger (55 bis 65 dB). Deshalb behilft man sich bei guten Rauschunterdrückungssystemen mit einem Trick.

Rauschunterdrückung durch Compander

Bei der *Aufzeichnung* werden die schwachen Signale, also die leisen Musikpassagen, durch eine elektronische Schaltung im Pegel angehoben. Sie liegen dann – wie in *Abbildung 6* gezeigt wird – über dem Pegel des Eigenrauschens. Die lauten Passagen bleiben dabei unverändert. Das Signal wird in dieser Phase des Prozesses also „zusammengedrückt", *komprimiert*. Die Schaltung, die das bewirkt, nennt man deshalb auch *Kompressor*. Damit es bei der späteren Wiedergabe nicht zu einer Verfälschung der Musik kommt, muß diese Kompression des Pegels beim *Abspielen* genau spiegelbildlich wieder rückgängig gemacht werden, d. h. was vorher komprimiert wurde, wird jetzt *expandiert*, auseinandergezogen. Dieses Auseinanderziehen des Signals (die lauten Stellen bleiben dabei unverändert) bezeichnet man im Gegensatz zur Kompression (bei der Aufnahme) als *Expansion (Abbildung 7)*. Den entsprechenden Teil der Schaltung nennt man deshalb auch *Expander*. Der bei der Kompression erzielte Abstand zwischen Eigenrauschen und leisester Musikpassage bleibt auch nach der Expansion erhalten. Das Rauschen ist damit leiser geworden; um wieviel, das hängt von der Stärke der Kompression und der anschließenden Expansion ab. Da beide Vorgänge im gleichen Gerät erfolgen, hat man aus dem Wortpaar Kompressor und Expander den neuen Begriff *Kompander* gebildet. Meist wird er (in der englischen Version) *Compander* genannt.

Der Vorteil dieses Verfahrens ist, daß sich der Dynamikumfang nun weitge-

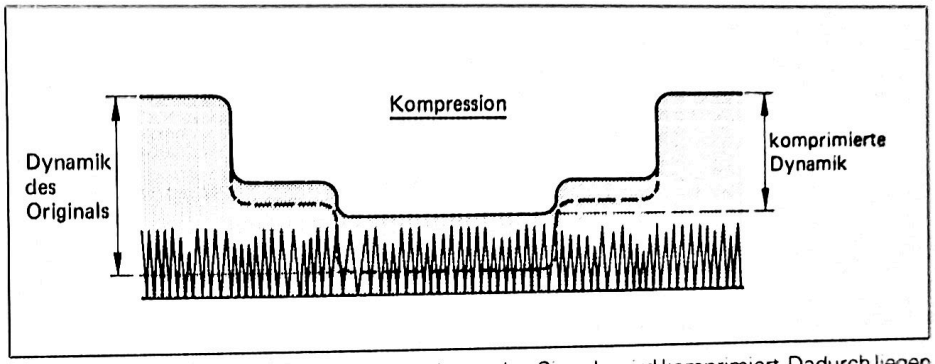


Abb. 6: Der Dynamikumfang des aufzunehmenden Signals wird komprimiert. Dadurch liegen auch die leisen Stellen über dem Rauschpegel.

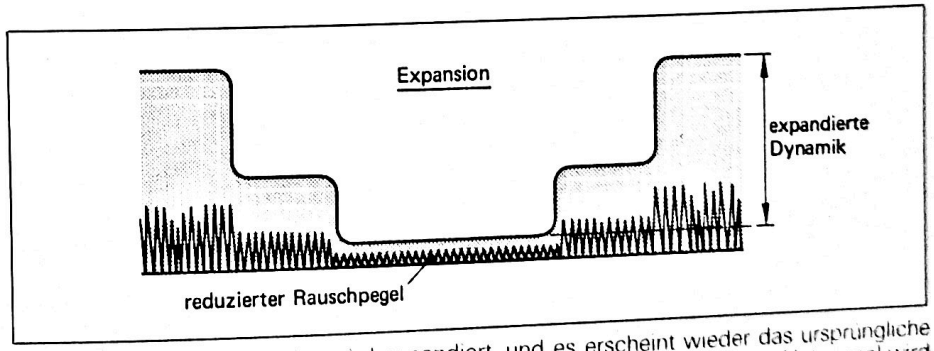


Abb. 7: Bei der Wiedergabe wird expandiert, und es erscheint wieder das ursprüngliche Signal. Die Abbildung zeigt deutlich, daß das Rauschen nie stärker als das Nutzsignal wird (vgl. *Abb. 6*).

hend so ausnutzen läßt, wie ihn das Musikoriginal erfordert. Eine Übersteuerung der lauten Passagen (mit dem Ziel, die leisen Stellen über das Rauschen zu legen) entfällt. Bei lauten bzw. mittleren Signalpegeln spricht das Compandersystem nicht an. Dies ist auch nicht nötig, denn das Rauschen macht sich ja wegen des Verdeckungseffektes hier nicht bemerkbar.

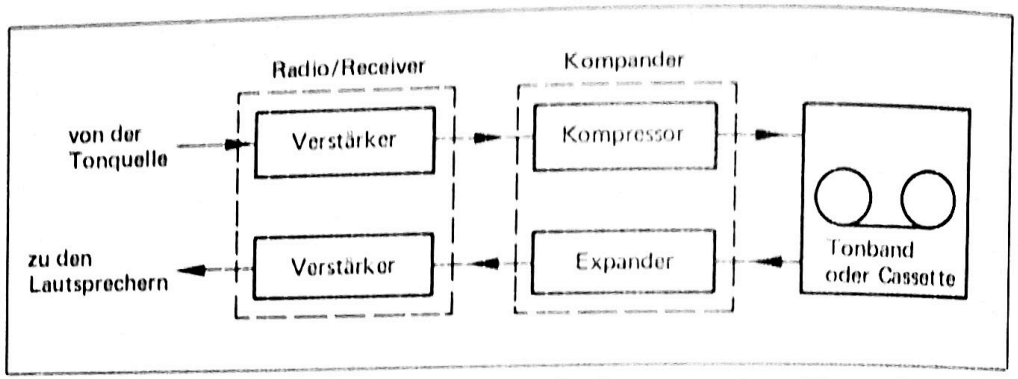


Abb. 8: So wird der Kompander zwischen Band- oder Cassettengerät und Tonquelle geschaltet.

Die großartige Erfindung des Mr. Dolby

Die Idee zu einem der bekanntesten Compandersysteme hat in den 60er Jahren der Amerikaner *Ray Dolby*, ein Name, den heute jeder HiFi-Freund kennen dürfte, denn seine Erfindung ist bis heute in fast jedem der DIN-Norm entsprechenden Cassetten-Recorder eingebaut, weil sonst die für die HiFi-Qualität notwendigen Werte nicht erreicht werden können.

Allerdings hat Mr. *Dolby* mit Bedacht nur eine begrenzte Rauschunterdrükkung vorgeschlagen und realisiert. Zum einen werden nur die höherfrequenten Rauschanteile unterdrückt, und zwar oberhalb von 500 Hz, denn in diesem Frequenzbereich macht sich das Rauschen ohne Zweifel besonders unangenehm bemerkbar. Es gibt aber auch niederfrequentes Rauschen, das erheblich stören kann. Um dieses kümmerte sich Mr. *Dolby* allerdings nicht, weil ein erheblicher elektronischer Aufwand erforderlich ist, um zwischen leisen tiefen Tönen – die ja nicht unterdrückt werden

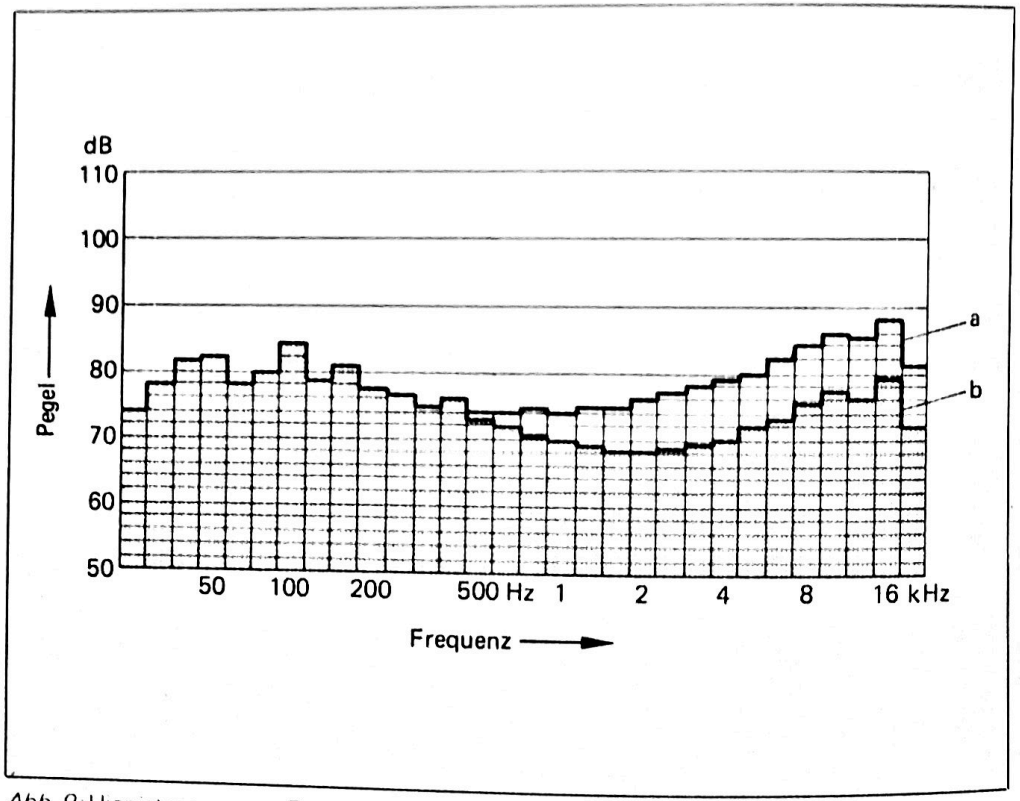


Abb. 9: Hier ist ein sogen. *Frequenzspektrum* dargestellt, d. h. die Intensität (hier des Gesamtrauschens) in den einzelnen Frequenzbereichen (a). Die Linie b zeigt die Wirkung des *Dolby*-Verfahrens: Nur für Frequenzen oberhalb von 500 Hz findet eine Absenkung des Pegels im Kompander statt.

dürfen – und niederfrequentem Rauschen während Musikpausen zu unterscheiden. Zum Zeitpunkt der Erfindung des *Dolby*-Systems war die Elektronik noch nicht so weit, um diesen Aufwand auch für den Privatgebrauch erschwinglich zu machen. Mit diesem Problem hängt auch zusammen, daß nur ein relativ geringer Rauschunterdrückungspegel gewählt wurde, und zwar entschied man sich für eine Dämpfung von 9 dB, was immer noch ein deutlich hörbares Rauschen übrigläßt. Wir haben das einmal in einem Frequenzspektrum sichtbar gemacht (*Abbildung 9*). Darauf ist zu sehen, daß die Rauschanteile nur oberhalb von 500 Hz deutlich gedämpft werden.

Setzt man die gesamte Rausch*leistung* (nicht den Pegel!) einmal gleich 100 Prozent, dann läßt das *Dolby*-System immer noch ein Restrauschen von rund 13 Prozent übrig. Wir werden gleich zeigen, daß das bei uns vorgestellte *Hobby-Com* da auf wesentlich bessere Werte kommt. Da das *Dolby*-System außerdem nicht gleichmäßig auf den gesamten Frequenzbereich der hörbaren Töne wirkt, kann es unter bestimmten Bedingungen auch eine gewisse Veränderung des Klangbildes bewirken.

Inzwischen gibt es verschiedene andere Systeme, die auch nach dem Compander-Prinzip arbeiten, allerdings mit unterschiedlichem Effekt. Wir nennen hier nur die Systeme *Toshiba Adress AD 5* und *Sanyo Super D*. Sie wurden von verschiedenen Fachzeitschriften mit einem neuen Rauschunterdrückungssystem von Telefunken verglichen, das sich *High-Com* nennt. Dieses System *High-Com* von Telefunken, das in verschiedenen Tests erstklassige Werte brachte, ist auch in dem Bausatz *Hobby-Com* vorhanden, den wir hier vorstellen wollen.

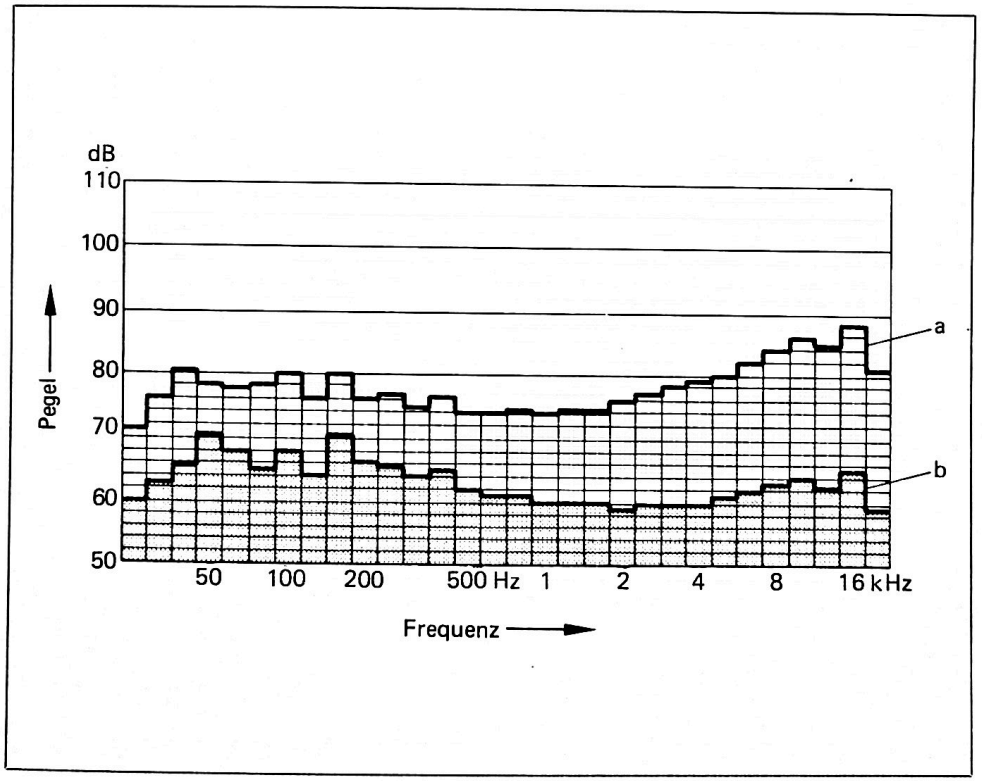


Abb. 10: Im Vergleich zu *Abbildung 9* ist hier zu sehen, daß der Rauschpegel im gesamten hörbaren Frequenzbereich abgesenkt wird: Das *High-Com*-Verfahren ist also viel wirkungsvoller.

Hobby-Com – ein Rauschunterdrückungsgerät, das noch den besten Recorder verbessern kann

Das verbreitetste Rauschunterdrükkungssystem ist das *Dolby*-System. Im folgenden wird deshalb auch das *Hobby-Com* mit diesem System verglichen.

Wir sagten schon, daß das *Dolby*-Verfahren die Rauschleistung von 100 Prozent nur bis auf ca. 13 Prozent reduziert. Das *High-Com*-System in unserem *Hobby-Com* vermindert die Rauschleistung hingegen bis auf 1 Prozent. Das ist so hervorragend,

daß nicht verwunderlich ist, daß sich das *High-Com*-System inzwischen auch in den auf dem Markt angebotenen fertigen Geräten durchsetzt.
Die *Hobbythek* hat mit der Firma Telefunken verhandelt und eine Vereinbarung erzielt, nach der originale *High-Com*-Module für die Entwicklung unseres Bausatzes zur Verfügung standen. Diese Module gibt die Firma Telefunken nur fertig verlötet ab, weil ihre Funktion sich nur durch einen hohen Aufwand an Meßgeräten garantieren läßt. Die Module (je eine Platine für jeden der zwei Stereo-Kanäle) sind nun Bestandteil eines Bausatzes, der für den Elektronikbastler noch genügend Arbeit läßt, und mit dem sich auch der technisch einigermaßen versierte Laie ohne große Schwierigkeiten befassen kann. Wer lediglich daran interessiert ist, die HiFi-Qualität seiner Stereoanlage wesentlich zu verbessern, kann den Bausatz auch fertig verlötet bekommen. Er muß ihn dann nur noch in das Gehäuse einsetzen, ihn richtig anschließen und den weiter unten beschriebenen Abgleich durchführen.

Die Besonderheiten des High-Com-Verfahrens

In den folgenden Kapiteln läßt es sich hin und wieder nicht ganz vermeiden, mit Fachbegriffen aus den Bereichen HiFi-Technik und Elektronik zu arbeiten. Wir wollen dabei versuchen, nicht komplizierter zu sein als unbedingt nötig. In der Baubeschreibung, die unserem Bausatz beiliegt, wird auf technische Spezialitäten des Rauschunterdrückungssystems sehr ausführlich noch einmal eingegangen.

Wer in den folgenden Absätzen nicht alles sofort versteht, muß deshalb nicht verzweifeln. Die positiven Auswirkungen dieses Systems bleiben ihm ja nicht vorenthalten, wenn er den fertigverlöteten Bausatz benutzt und sich dann allerdings ausführlich über den richtigen Anschluß und den Abgleich des Systems informiert.
Aber nun zu den Besonderheiten dieses Verfahrens.
Das *High-Com*-Verfahren ist ein sogenanntes *breitbandiges* Compandersystem. Es wirkt also – im Gegensatz zu den meisten bisherigen Verfahren – im gesamten hörbaren Bereich der Musik und auch noch ein wenig darüber hinaus. Dieser Bereich umfaßt ca. 30 Hz bis fast 20000 Hz. Damit gelingt diesem System, was z. B. *Dolby* nicht schafft: Es kann auch niederfrequente Störsignale wirkungsvoll unterdrücken. Auf *Abbildung 9* war die Wirkung des *Dolby*-Systems dargestellt. Die Linie a zeigt das Rauschsignal ohne Rauschunterdrückung, die Linie b mit Rauschunterdrückung. Bei dem *High-Com*-Verfahren *(Abbildung 10)* ist deutlich zu erkennen, daß auf der gesamten Breite des hörbaren Frequenzbereichs das Rauschen um ca. 20 dB gedämpft wird. Wir sagten schon, daß dadurch von der gesamten Rauschleistung (100 Prozent) nur noch 1 Prozent übrigbleibt. Das ist so wenig, daß es akustisch fast nicht mehr wahrgenommen werden kann.
In *Abbildung 11* zeigen wir eine andere optische Darstellung für die Leistungsfähigkeit dieses Systems. Wiedergegeben wird das Oszillogramm eines sogenannten Sinusdauertones – also eines Tones ohne

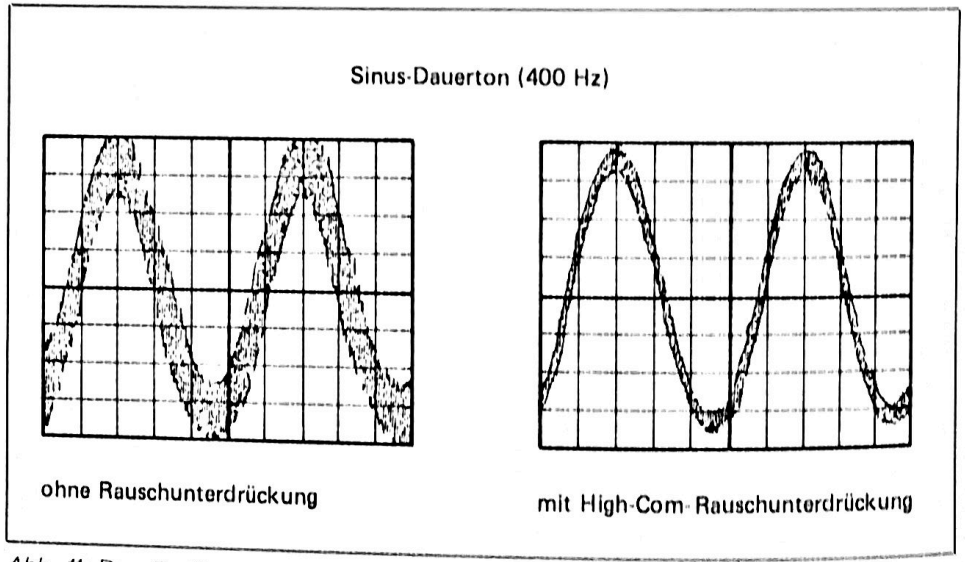


Abb. 11: Das Oszillogramm eines reinen Sinus-Tones von 400 Hz links ohne Rauschunterdrückung, rechts mit *High-Com*.

Obertöne und andere Störungen – der einmal von einem herkömmlichen Cassetten-Recorder ohne *High-Com* aufgenommen und wiedergegeben wird und im Vergleich dazu in der Aufnahme und Wiedergabe über *High-Com*. Es ist deutlich zu sehen, daß die Wiedergabe über *High-Com* praktisch frei von Störsignalen ist.
Ein weiterer Vorteil des *High-Com*-Verfahrens besteht darin, daß es durch seine Breitbandigkeit nicht mehr zur Verfälschung des Klangbildes führt. Bei anderen Geräten, die nach dem sogenannten „sliding-band-Verfahren" arbeiten und nicht über alle Ton-Frequenzen wirken, kann dieser Effekt allein schon durch die Verwendung einer schlechten Bandsorte auftreten.
Andere Breitband-Kompander sind wiederum anfälliger gegen das sogenannte *Rausch-Atmen*. Dabei handelt es sich um ein Nachrauschen, das nach einer Musikpassage mit einem bestimmten kritischen Tongemisch entstehen kann, weil sich das Gerät nicht schnell genug umstellt. Bei *High-Com* kann das nicht vorkommen. Hier wurde das Problem des Rausch-Atmens mit einer neuartigen Regelschaltung gelöst. In Hörtests verschiedener Fachzeitschriften sind diese Eigenschaften in besonderen Experimenten bestätigt worden.

Die Schaltung des High-Com-Bausteins

Die erstaunlichen Eigenschaften des *High-Com*-Systems wurden durch einen neuen integrierten Baustein (IC) möglich. Es handelt sich dabei um den derzeit größten auf dem Markt vorhandenen bipolaren IC vom Typ *U 401 B*, der seine Wirkung in Verbindung mit einer ausgeklügelten Schaltungstechnik erreicht. Wenn Ihnen jetzt nicht ganz klar ist, was ein IC bzw. ein integrierter Baustein ist, dann können Sie sich über diese und andere Zusammenhänge z. B. im *Hobbythek-Buch 3* auf den Seiten 10 bis 39 bzw. über die Anfangsgründe der Elektronik im *Hobbythek-Buch 2* auf den Seiten 59 bis 63 informieren.
Für den schon etwas versierteren Elektroniker also diese Informationen:
In dem IC sind mehr als 500 Transistorschaltungen enthalten, die im Aufbauprinzip mehrere in Kette geschaltete gleichartige Verstärker darstellen. Beim Umschalten von Kompressor- auf Expander-Funktion wird durch interne Umbeschaltung dieser Verstärkerkette eine genau spiegelbildliche Arbeitsweise erreicht.
Außerdem enthält das IC zwei Gleichrichterschaltungen, die mit unterschiedlichen Zeitkonstanten arbeiten. Dies ist ein entscheidendes Kriterium des *High-Com*-Systems: Hier wird festgestellt, ob es sich um niederfrequentes Rauschen oder um Musikpausen handelt – je nachdem wird auf die kurze oder die längere Zeitkonstante umgeschaltet. Es würde hier zu weit führen, die Schaltung bis ins einzelne zu erläutern.
Nur so viel soll hier gesagt sein, daß die eine Zeitkonstante ca. 1 Sekunde beträgt und die zweite lediglich 100 ms (eine Zehntelsekunde). Damit wird erreicht, daß einerseits tiefe Frequenzen bis unter 20 Hz noch als Nutzsignal erkannt werden und andererseits trotzdem das Nachrauschen oder Rausch-Atmen verhindert wird. Dieses Nachrauschen käme vor allem bei abrupten Signalpegeländerungen zustande, die der *High-Com* aber durch Umschalten der Zeitkonstante auf 0,1 Sekunde bewältigt.
In *Abbildung 12* ist das Blockschaltbild des *High-Com*-Systems dargestellt, und zwar mit getrenntem Kompressor und Expander. Wir haben schon gesagt, daß der Kompressor und der Expander im *Hobby-Com* keine getrennten Schaltungsmodule sind, sondern daß sie aus denselben Bauteilen bestehen. Der Kompressor wird lediglich durch Umschalten zum Expander und umgekehrt. Das hat einen Vorteil und einen Nachteil.
Der *Vorteil* besteht darin, daß Toleranzen der verwendeten Bauelemente, die nie ganz zu vermeiden sind, nicht störend in Erscheinung treten. Eine Beeinflussung durch solche Toleranzen beim Betrieb als Kompressor wird im selben Maße beim Betrieb als Expander wieder aufgehoben.
Der *Nachteil*: die beiden Funktionen Kompressor und Expander können nicht gleichzeitig benutzt werden. Wir meinen aber, daß dieser Nachteil zu verschmerzen ist. Beide Funktionen brauchten Sie ja nur dann, wenn Sie bei einer Bandaufnahme – bei der *komprimiert* wird – gleichzeitig über Hinterband abhören wollen, d.h. also das *expandierte* Ergebnis. Diese gleichzeitige Doppelfunktion hätten wir unserem Bausatz ohne weiteres beigeben können. Allerdings hätte das vorausgesetzt, daß man vier *High-Com*-Module einbauen muß, was den Bausatz verteuert hätte.

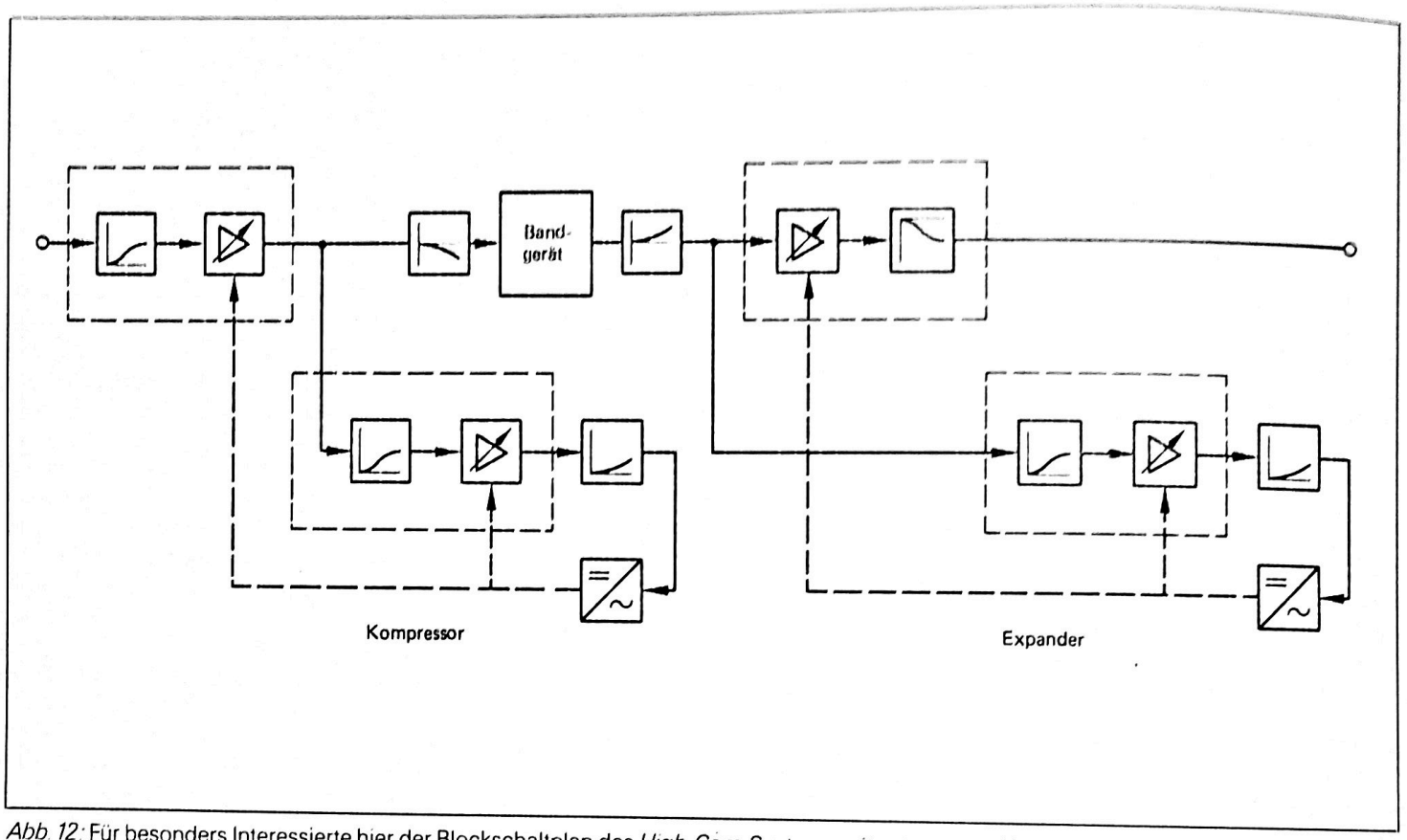


Abb. 12: Für besonders Interessierte hier der Blockschaltplan des *High-Com*-Systems mit getrenntem Kompressor und Expander.

Funktionsbeschreibung des Hobby-Com

Unser *Hobby-Com* enthält zwei originale *High-Com*-Bausteine; einen für den linken und einen für den rechten Kanal. Die Schaltung unseres *Hobby-Com,* die Sie auf *Abbildung 13* sehen, ist von der Firma Telefunken kritisch untersucht, begutachtet und für gut befunden worden. Denn selbstverständlich liegt dem Erfinder eines solchen Systems daran, daß daraus entwickelte Bausätze seinen hohen Ansprüchen gerecht werden.

Die Spannungsversorgung unseres *Hobby-Com* erfolgt über eine Gleichrichterbrücke mit Siebgliedern.

Der Schalter S1 bedeutet *„High-Com Ein/Aus"*. Mit dem mehrpoligen Schalter S2 wird zwischen Aufnahme und Wiedergabe umgeschaltet.

Bei der Aufnahme kommen die Signale (links und rechts) über die Anschlüsse 1 und 4 der Buchse „Radio". Sie werden in zwei getrennten Verstärkerstufen mit einem Transistor *BC 413 C* vorverstärkt. Über die gleichlaufenden Aussteuerungspotentiometer (beide in P4) kann der Aussteuerungspegel bei der Aufnahme eingestellt werden. Die Balance zwischen dem linken und dem rechten Kanal wird mit dem ebenfalls nach außen geführten Balanceregler eingestellt (P5).

Die Signale werden anschließend auf die beiden *High-Com*-Module ge-

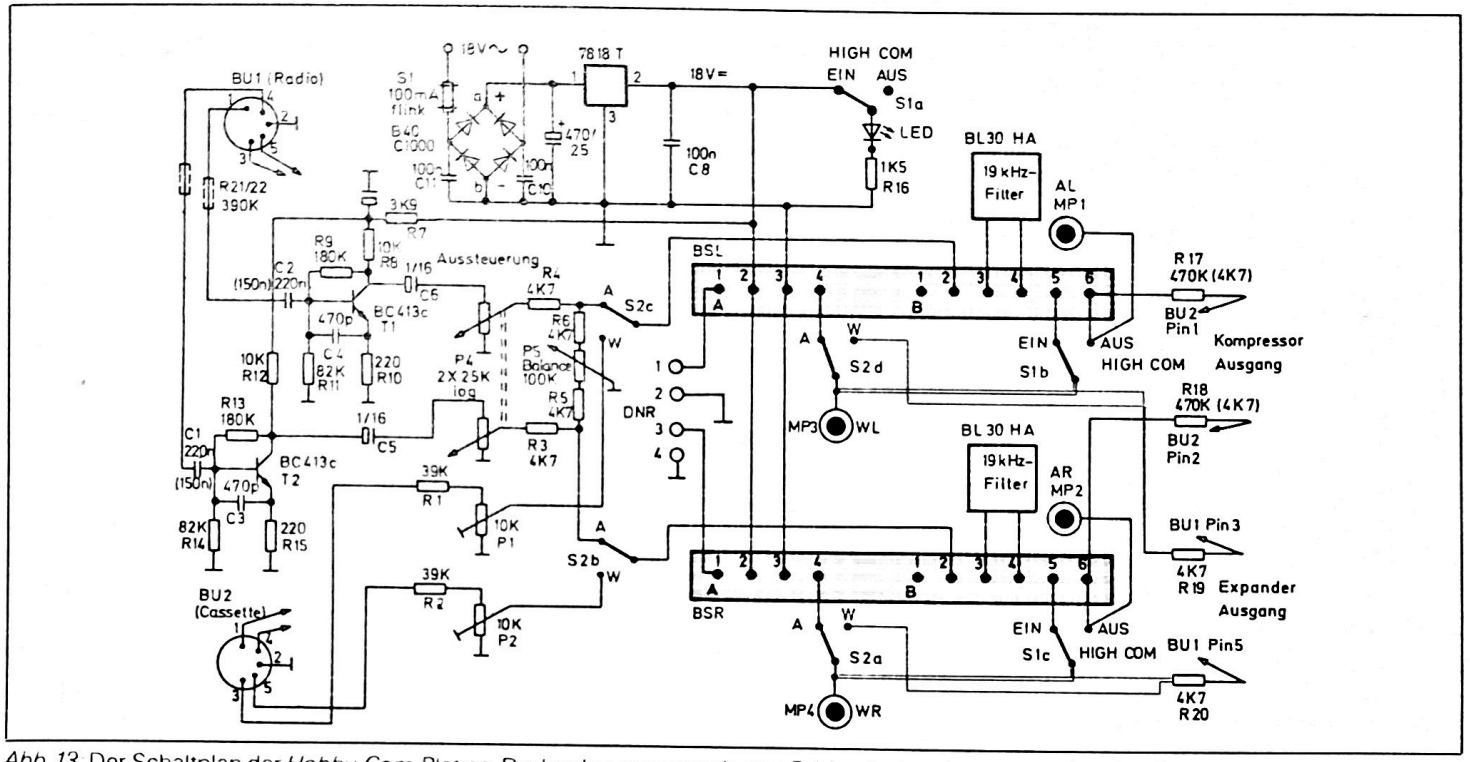


Abb 13 Der Schaltplan der *Hobby-Com*-Platine. Die beiden grau unterlegten Felder deuten die einzusteckenden (fertigen) Original-Module an. Die alteren Bausatze neigten teilweise zu Schwingungen, die den Lautsprecher gefahrden konnten. Daher wurden zwei Anderungen vorgenommen: die blauen Leitungen sind durch die roten ersetzt worden. Dies können Sie an Ihrem Bausatz selbst ändern, falls er noch aus den ersten Serien stammt.

führt. Über Pin 1 und 4 der Buchse „Cassette" werden sie auf den Recorder weitergeleitet.

Bei der Wiedergabe kommen die Signale über Pin 3 und 5 der Buchse „Cassette" über einen Spannungsteiler (P1 und P2) und über den Schalter S2 auf die beiden *High-Com*-Bausteine. Über den Schalter „Wiedergabe" gelangen beide Signale zur Ausgangsbuchse „Radio" („Radio" steht hier auch stellvertretend für Verstärker, Receiver, usw.) und können im Verstärkerbauteil vom Radio bzw. Receiver weiterverstärkt werden. Bei der Schalterstellung *„High-Com* Aus" werden die beiden Signale über den Vorverstärker und die *High-Com*-Module geführt. Die *High-Com*-Schaltung arbeitet dann nur als Vorverstärker. Dies hat den Vorteil, daß Sie den *Hobby-Com*-Bausatz stets in Ihrer Anlage installiert lassen können, auch dann, wenn Sie z.B. Ihre alten nach dem *Dolby-System* aufgezeichneten Cassetten abspielen wollen. Sie brauchen nur den Schalter *„High-Com* Aus" zu betätigen.

Zusammenbau des Hobby-Com-Bausatzes

Über das Bestücken einer Platine, über Regeln, die man beim Löten einhalten muß, und über verschiedene Methoden, einen fertig verlöteten Bausatz schließlich auf Fehler abzusuchen, haben wir in den frühe-

ren *Hobbythek-Büchern* bereits vieles gesagt. Das wollen wir hier nicht alles wiederholen, sondern nur einige Hinweise geben.
Wenn Sie den Bausatz ausgepackt haben, sortieren Sie bitte zunächst die in verschiedenen Tüten verpackten Bauelemente. Ermitteln Sie dabei die Widerstandswerte nach dem Widerstandsfarbcode auf der Liste, die dem Bausatz beigefügt ist.
Beginnen Sie mit dem Einlöten bei den Stiften für die *High-Com*-Module. Die Module selbst, die bereits fertig verlötet und empfindlich sind, sollten Sie erst zum Schluß einstekken. Beim Löten selbstverständlich darauf achten, daß Lötzinn nicht auf Nachbarkontakte läuft und dabei unerwünschte Verbindungen herstellt. Das ist beim Löten von elektronischen Bausätzen die häufigste Quelle für Fehler. Oft funktioniert auch deshalb nichts, weil das Lötzinn nicht gut verlaufen ist und sogenannte kalte Lötstellen entstanden sind. Achten Sie also darauf, daß das Zinn eine innige Verbindung zwischen dem Kontakt des Bauelements und der Platine herstellt.

Die Bauelemente werden in einer bestimmten Reihenfolge eingelötet, die Sie der Baubeschreibung entnehmen können. Das erleichtert die Arbeit auf den ja immer recht engen Platinen erheblich. Lassen Sie die Bauteile auch ca. 3 mm über der Platinenoberfläche stehen, damit sie beim Löten nicht überhitzt werden.
Wenn Sie die Platine fertig bestückt haben, dann bauen Sie die Schalter und Potentiometer in die Frontplatte ein, die dem Bausatz ebenfalls beigefügt ist. Anschließend werden zwischen diesen Bauteilen auf der Frontplatte und den Kontakten auf der Platine die entsprechenden Verbindungen hergestellt.
Für die Steckerbuchse zum Netzspannungsgerät müssen Sie auf der Rückwand des Gehäuses ein 8 mm großes Loch bohren. In dieses Loch können Sie die Buchse zusammen mit der Masseverbindung fest einschrauben.
Zum Schluß werden die *High-Com*-Module auf die Steckkontakte der eingelöteten Stifte gesteckt – und fertig ist die Platine des *Hobby-Com*. Bitte *verändern Sie nichts an diesen Fertigmodulen!* Sie sind exakt justiert. Bei Defekten, die ja nicht immer auszuschließen sind, wenden Sie sich an Ihren Elektronikhändler. Verstellen Sie bitte auch nicht die beiden 19-kHz-Filter, die den Stereopilotton bei Aufnahmen aus dem Rundfunk unterdrücken sollen.

Ein Gehäuse für unser Hobby-Com

In dem Bausatz mitgeliefert wird eine Frontplatte aus silberfarbigem Leichtmetall, bereits mit entsprechendem Aufdruck. Über den Bezugsquellennachweis im Anhang können Sie auch ein fertiges Gehäuse kaufen, wie es auf *Abbildung 14* gezeigt wird.
Selbstverständlich kann man für den *Hobby-Com* auch ein Gehäuse selbst bauen, wie wir es bereits für den *Hobby-Song* und andere Geräte vorgeschlagen haben. Sehr schön sieht ein Gehäuse aus Plexiglas aus, das die technischen Einzelheiten des Bausatzes nicht verbirgt.
Ein Rauchglas- oder Plexiglas-Gehäuse macht nicht sehr viel Arbeit und erfordert auch nur wenig Material. Die wichtigsten Einzelheiten für den Bau zeigt Ihnen *Abbildung 15*.

Einbau des Hobby-Com in vorhandene HiFi-Anlagen

Weiter oben wurde ja beschrieben, wie durch das *High-Com*-Rauschunterdrückungsverfahren der Pegel der leiseren Passagen beeinflußt wird. Verfolgen wir den Gang des aufzuzeichnenden Signals durch die HiFi-Anlage, so muß also das Rauschunterdrückungsgerät *direkt vor das Aufnahmegerät* geschaltet werden. Im allgemeinen wird dieses Aufnahmegerät an den Verstärker-Ausgang (Tonbandbuchse) angeschlossen. Wenn die Tonquelle nicht der Verstärker (Receiver) ist, sondern z.B. ein zweites Tonbandgerät oder Mikrophone, Plattenspieler, Tuner etc., liefert sie ihr Signal an eine andere Buchse des Verstärkers.
Also kurz und gut: Der *Hobby-Com* wird immer zwischen Verstärker und Recorder (Bandgerät) geschaltet. Sehr häufig sind Tuner (Empfänger) und Verstärker in einem Gerät zusammengefaßt (Receiver), das dann bei Überspielung vom Rundfunk selbst die Tonquelle darstellt. *Abbildung 16,* Seite 144, zeigt den Aufbau für die verschiedenen Fälle.

Der Abgleich des Hobby-Com – seine Anpassung an Cassetten-Recorder oder Bandgerät

Der Abgleich des *Hobby-Com* ist die wichtigste Arbeit bei diesem Gerät überhaupt. Hier müssen Sie mit

größter Sorgfalt vorgehen und alle Einstellungen peinlich genau durchführen. Bevor Sie an diese Aufgabe herangehen, sollten Sie die mit dem Bausatz mitgelieferte Beschreibung sorgfältig durchlesen. Außerdem empfehlen wir Ihnen, den Text auf der Testcassette genau anzuhören, die dem Bausatz beiliegt.

Der Abgleich ist aus folgendem Grunde nötig: Das Ausmaß der Pegelabsenkung und -anhebung im Compander hängt ganz stark vom verwendeten Bandmaterial und auch von den genauen Eigenschaften des benutzten Recorders ab (Magnetisierungsfeldstärke, Verstärkung, usw.).

Weil in der Baubeschreibung alles ausführlich beschrieben ist, wollen wir uns hier auf einige Anmerkungen beschränken.

Wir sind davon ausgegangen, daß nur wenige HiFi-Freunde spezielle Hilfsmittel und Meßgeräte ihr eigen nennen. Deshalb haben wir uns bemüht, den Aufwand so gering wie möglich zu halten. Zunächst haben wir eine Abgleichmethode entwickelt, in der das eigene Gehör ein elektrisches Meßgerät ersetzt. Mit etwas Geschick lassen sich mit dieser rein akustischen Methode gute, der elektrischen Messung ebenbürtige Ergebnisse erzielen.

Natürlich kann man den Abgleich auch mit Hilfe eines elektrischen Spannungsmessers, z.B. eines Universalmeßgerätes, vornehmen (Wechselspannungsmeßbereich 600 mV – 1 V). Auf der *Hobby-Com*-Platine sind die Meßpunkte dazu eindeutig gekennzeichnet, sowohl für den Aufnahmeabgleich als auch für den Wiedergabeabgleich. Auf die absolute Genauigkeit des Meßgerätes kommt es dabei nicht an, denn es sind nur Vergleichsmessungen erforderlich, z.B. die Feststellung der Spannungsgleichheit zwischen Zustand „*High-Com* Ein" und „*High-Com* Aus". Wer einen zweiten Stereo-Cassettenrecorder mit Aussteuerungsanzeige besitzt, kann dessen Aussteuerungsmeßgeräte ebenso verwenden – wie, das steht in der Anleitung. Der Abgleich wird dann besonders einfach.

Für den Abgleich wird eine definierte Tonsignalquelle benötigt (440 Hz bei exaktem Signalpegel). Eigentlich wäre dazu ein Oszillator erforderlich, der den Bausatz aber erheblich verteuert hätte. Wir haben deshalb einen Ausweg gesucht und auch gefunden. Auf die dem Bausatz beigefügte Testcassette wurde ein Meßton überspielt, der genau den erforderlichen Magnetisierungspegel besitzt. Nachteil: Zum Abgleich benötigt man einen zweiten Cassetten-Recorder. Dieser kann ein ganz einfaches, billiges Gerät sein, das nicht einmal stereophon sein muß.

Da dieser Abgleich nur selten ausgeführt werden muß, z.B. wenn Sie das Cassettengerät oder die Bandsorte wechseln, können Sie dieses zweite Cassettengerät auch kurzfristig bei einem Freund oder Nachbarn ausleihen.

Wie gesagt, alle erwähnten Maßnahmen dienen dazu, den *Hobby-Com*-Bausatz so preiswert wie möglich zu machen.

Wenn Sie mit dem Abgleich fertig sind...

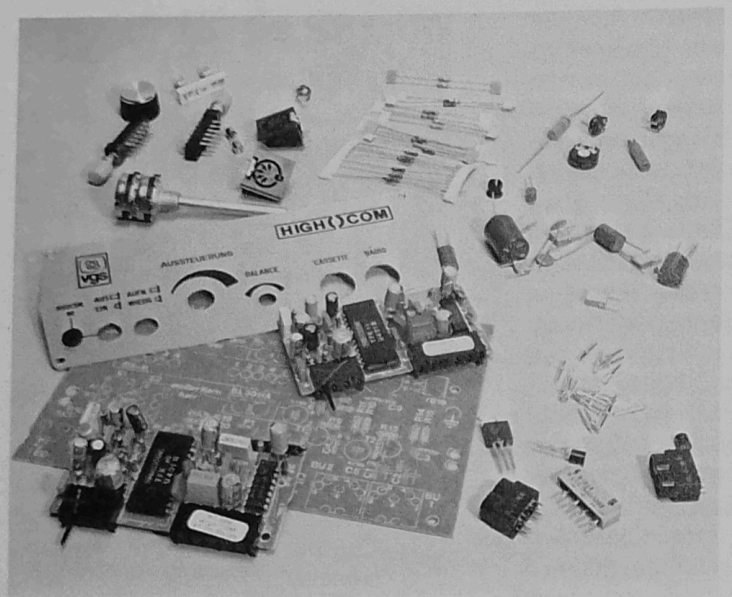
Wenn Sie Ihren *Hobby-Com* richtig in die Anlage eingebaut und abgeglichen haben, sollten Sie ihn immer eingeschaltet lassen. Den Schalter „*High-Com* Aus" brauchen Sie nur zu betätigen, wenn Sie Cassetten abspielen wollen, die nicht über *High-Com* aufgenommen worden sind.

Vergessen Sie auch nicht, an Ihrem Cassetten-Recorder immer die richtige Bandsorte einzustellen.

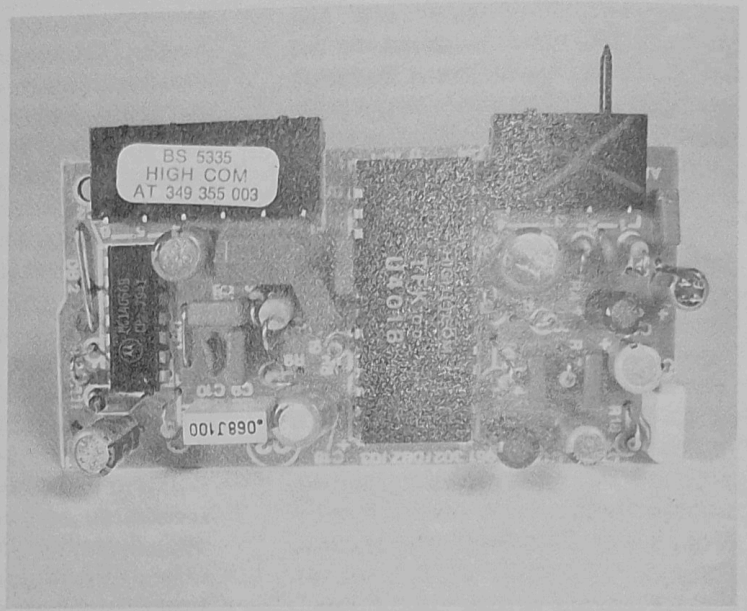
Und schließlich raten wir Ihnen, nur gute Markencassetten zu kaufen, damit Sie die Vorzüge Ihres Rauschunterdrückungssystems auch wirklich voll ausnutzen können. Verwenden Sie bereits beim Abgleich die Cassettenart, bei der Sie bleiben wollen; dann können Sie davon ausgehen, daß die Wiedergabe immer von gleichbleibender Qualität ist.

Wenn in Ihr Gerät bereits ein anderes Rauschunterdrückungssystem eingebaut ist – was wahrscheinlich ist –, dann schalten Sie es beim Benutzen des *Hobby-Com* immer aus. *Das ist sehr wichtig!*

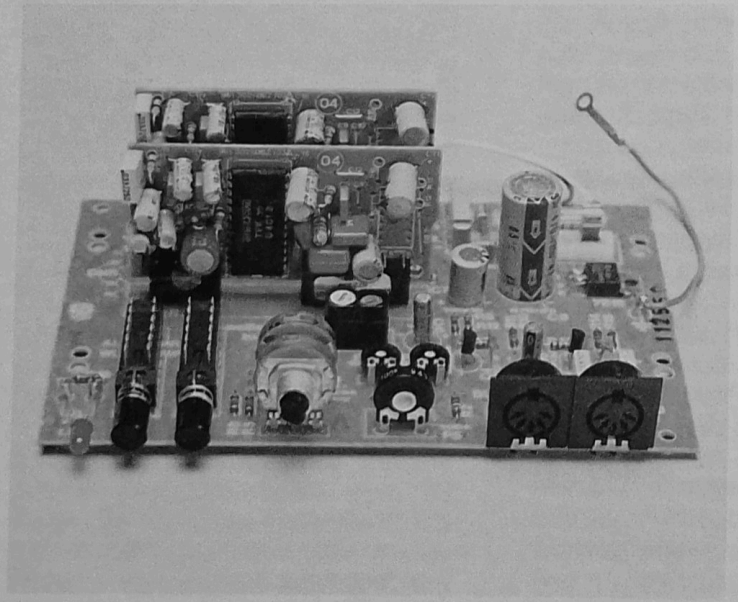
Wir versprechen Ihnen nicht zuviel, wenn wir sagen, daß das *Hobby-Com* die Wiedergabequalität eines Cassettengerätes ganz entscheidend verbessern kann. Das setzt allerdings einen gewissen Mindeststandard in der Qualität des Cassetten-Recorders voraus. Wenn Sie einen sehr einfachen Recorder haben, dann kann es sein, daß er nach der Benutzung des *Hobby-Com* mehr Fehler zeigt als vorher. Zu solchen Fehlern können



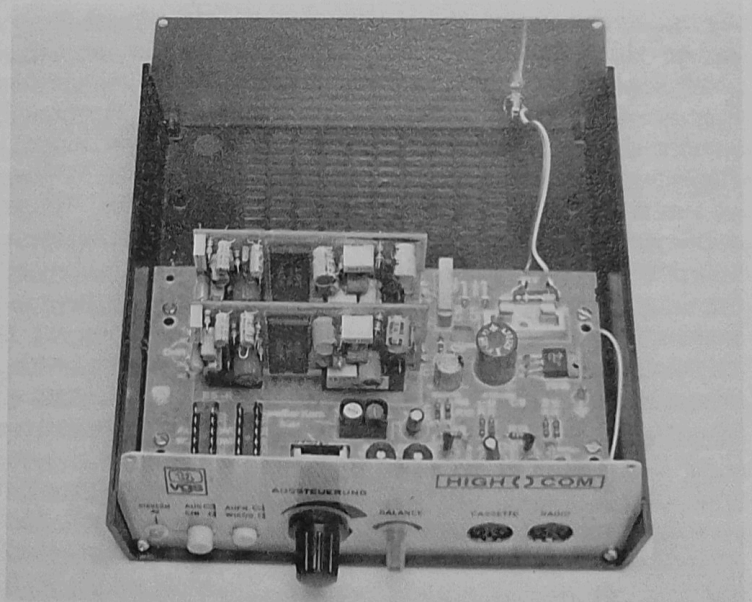
a)



b)

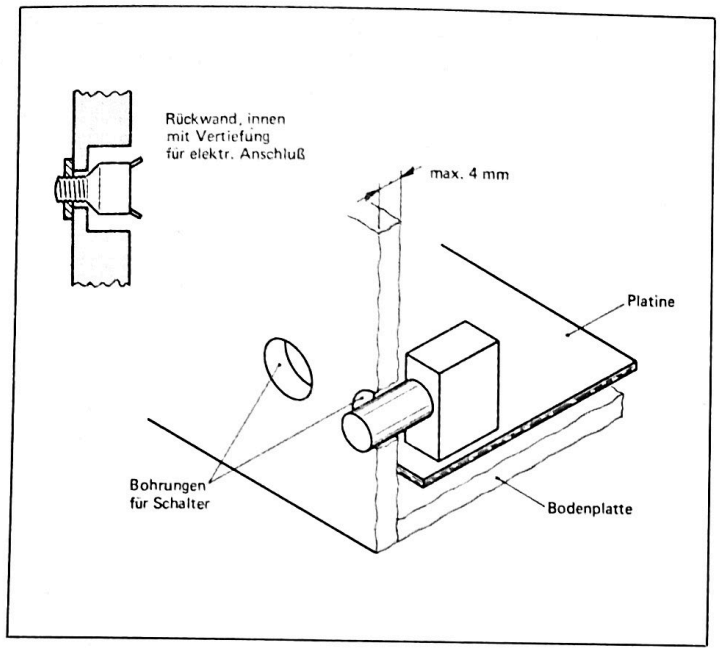


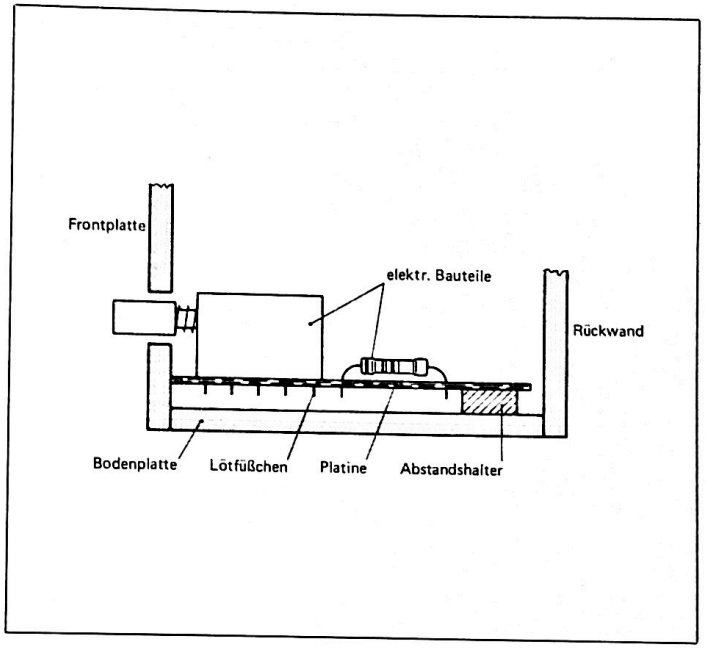
c)



d)

Abb. 14: Das *Hobby-Com*: *a)* die einzelnen Teile des Bausatzes; *b)* einer der beiden Original-*High-Com*-Module; *c)* die fertig bestückte Platine; *d)* das Gerät im geöffneten käuflichen Gehäuse, noch ohne Deckel.





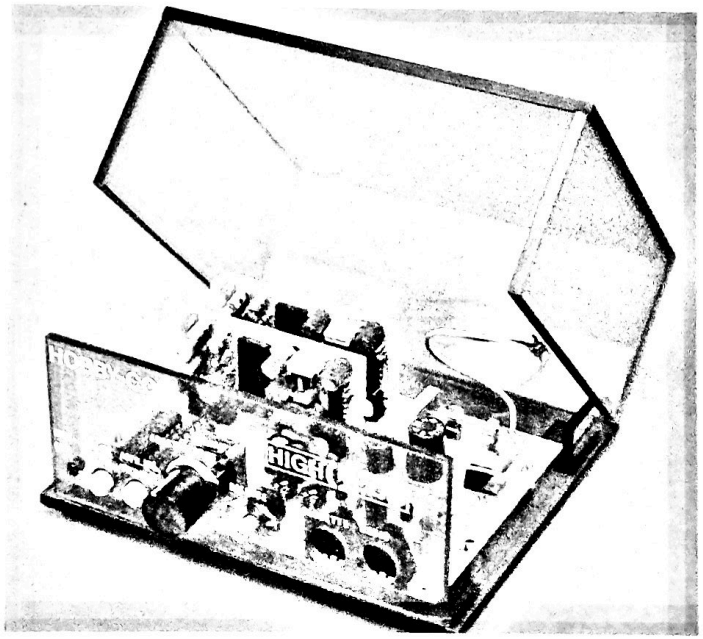


Abb. 15: Sehr ansprechend sieht auch ein Gehäuse aus getöntem Plexiglas aus. Die Skizzen zeigen die wichtigsten Einzelheiten, auf die Sie achten müssen.

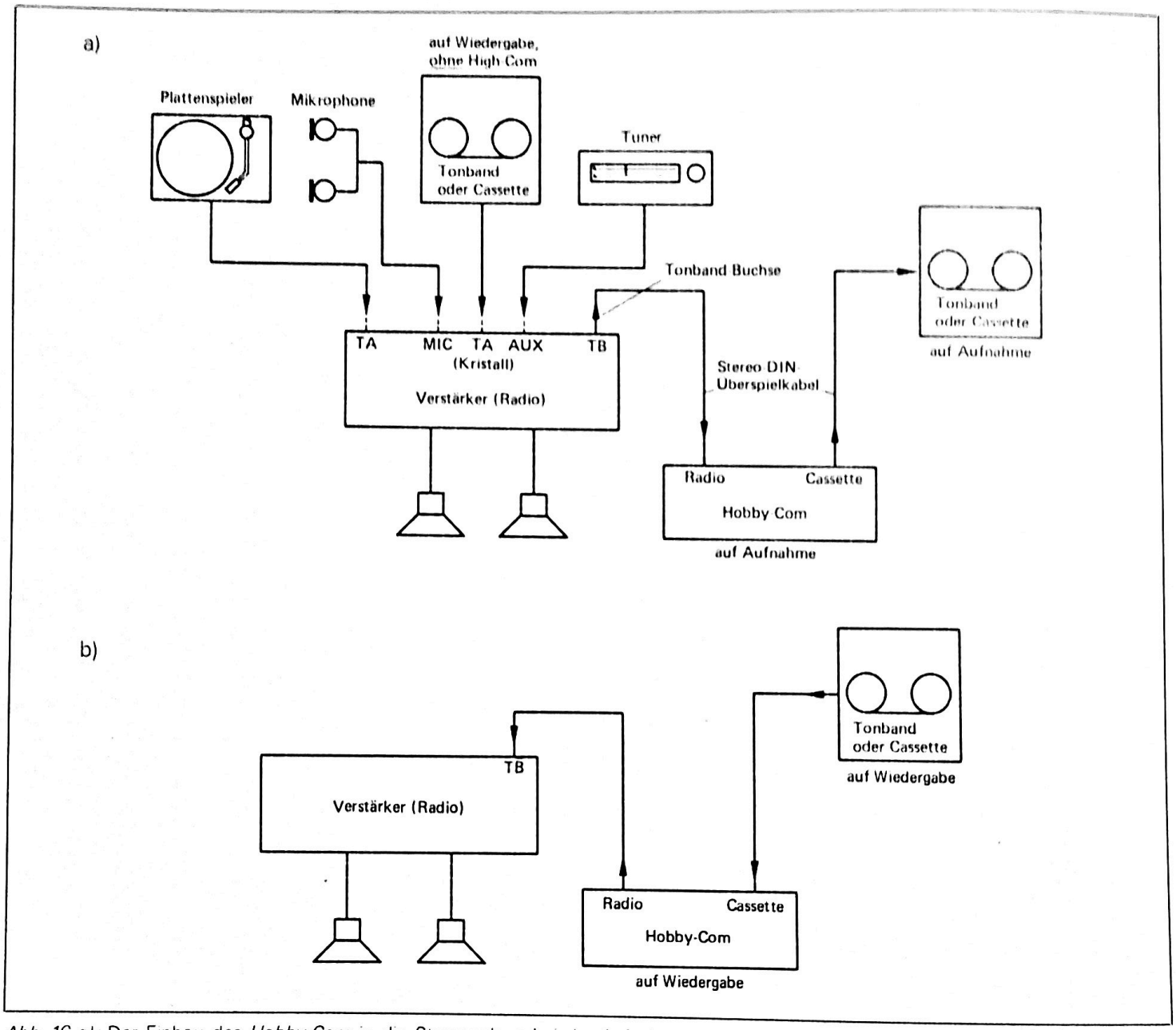


Abb. 16 a): Der Einbau des *Hobby-Com* in die Stereoanlage bei der Aufnahme von verschiedenen Tonquellen. Die in den Bandgeräten bzw. Recordern eingebauten Rauschunterdrückungs-Systeme müssen dabei *ausgeschaltet* sein! *b)*: So sieht das bei der Wiedergabe aus.

Gleichlaufschwankungen, Brummeinstreuungen, ein sehr enger Frequenzbereich und anderes gehören. Diese Fehler waren vorher durch das Rauschen zum Teil verdeckt, so daß sie weniger auffielen. Hier ist es ähnlich wie bei einem guten Plattenspieler, der die Fehler alter Platten besonders hörbar macht.

Wir meinen deshalb: Wenn Sie sich schon für klangliche Verbesserungen durch den Einbau von *Hobby-Com* entscheiden, dann sollten Sie sich auch zum Kauf eines etwas besseren Cassetten-Recorders entschließen, oder aber Sie schaffen sich einen Recorder an, in dem das *High-Com*-System bereits integriert ist. Die meisten deutschen Firmen, wie Telefunken, Blaupunkt, Grundig usw., bieten Geräte mit *High-Com* an.

Bei einigen Cassetten-Recordern können Probleme auftreten

Wir haben versucht, das *Hobby-Com* so universell zu konzipieren, daß es an möglichst viele Geräte angeschlossen werden kann. Leider gibt es da aber eine solch enorme Vielfalt, daß man Kompromisse schließen muß.

Die meisten in Deutschland verwendeten HiFi-Geräte besitzen DIN-Buchsen-Anschlüsse; deshalb haben wir uns dafür entschieden. Bei Cinch-Anschlüssen muß man sich leider nicht nur Adapteranschlüsse anschaffen, sondern auch die Verstärkung der beiden Eingangsverstärkerstufen reduzieren, denn die Nutzsignalspannungen liegen beim Cinch-System höher.

Nun läßt sich dieses Problem lösen, indem Sie in Ihrem *Hobby-Com* die Widerstände R17 und R18 (470 kΩ) gegen Widerstände von 4,7 kΩ austauschen. Außerdem werden die beiden Kondensatoren C1 und C2 mit 150 nF durch eine R-C-Kombination von 390 kΩ/150 nF ersetzt. Dann sind nach all unseren Versuchen diese Probleme behoben. Im Bausatz sind die dafür benötigten Bauelemente neben der ausführlichen Beschreibung, wie man vorzugehen hat, enthalten. Der Laie, der nicht löten kann und der den fertigverlöteten Bausatz gekauft hat, wird hiermit möglicherweise Probleme haben. Hier hilft gegebenenfalls der freundliche Händler.

Das *Hobby-Com* läßt sich auch für Automobil-Cassettenrecorder verwenden, allerdings muß für eine Versorgungsspannung von mindestens 15 V gesorgt werden.

Will man den *Hobby-Com*-Bausatz an Kompaktanlagen anschließen, dann empfiehlt es sich zunächst, den Fachhändler zu fragen, ob eine externe Anschlußmöglichkeit besteht (Bedienungsanleitung der Kompaktanlage überprüfen). Manchmal gibt es auch interne Stecker, die ohne Schwierigkeiten herausgeführt werden können. In jedem Fall muß man an die Leitung heran, die vom Recorder zum Verstärker führt.

Der Hobby-Com funktioniert auch bei Spulenbandgeräten

Spulengeräte laufen meist mit einer höheren Bandgeschwindigkeit. Gängig sind 9,5 cm in der Sekunde oder auch 19 cm/s, in einigen Fällen sogar 38 cm/s. Die Maschinen der Rundfunkanstalten laufen z.B. normalerweise mit 38 cm in der Sekunde. Diese höhere Bandgeschwindigkeit – schon bei 9,5 cm/s läuft im Vergleich zur Kompakt-Cassette in der gleichen Zeit doppelt so viel Band am Tonkopf vorbei wie beim Cassetten-Recorder – verringert das Rauschen und andere störende Einflüsse schon ganz erheblich. Trotzdem lassen sich auch hier mit dem *Hobby-Com* noch deutlich hörbare Verbesserungen erreichen.

Außerdem können Sie mit dem *Hobby-Com* auf einem Spulengerät so etwas wie einen „Spareffekt" erzielen. Wenn Sie nämlich die Bandgeschwindigkeit auf 4,75 cm/s umschalten, die man auf einem Spulengerät für Musikaufnahmen normalerweise nicht verwendet, dann haben Sie doppelt so viel Band zur Verfügung und trotzdem eine gute Wiedergabequalität, wenn das Gerät bei 4,75 cm/s der HiFi-Norm entspricht. Bei einem Spulentonbandgerät wird der *Hobby-Com* analog wie beim Cassetten-Recorder zwischen Bandgerät und Receiver eingeschaltet.

Zum Abgleich müssen Sie – genau wie beim Casetten-Recorder – ein sogenanntes *Referenzband* mit einem Meßton benutzen. Bei dem Cassetten-Recorder ist das die mitgelieferte Meßcassette. Den Meßton dieser Cassette müssen Sie mit definiertem Pegel auf ein Spulentonband überspielen. Dabei müssen Sie die Aufnahme so aussteuern, daß die Instrumente genau 0 dB anzeigen. Ist an der Aussteuerungs-Anzeige eine DNR- oder *Dolby*-Marke vorhanden, dann ist diese als Eichmarke zu betrachten. Der eigentliche Abgleich wird dann genauso durchgeführt wie bei einem Cassetten-Recorder.

Bei Überspielungen auf die Qualität der Tonquelle achten

Wir würden zuviel versprechen, wenn wir sagen, der *Hobby-Com* könne zaubern. Ebenso wie er aus einem ganz billigen Cassetten-Recorder kein Supergerät machen kann, läßt sich mit seiner Hilfe von einer schlechten Tonquelle keine Cassette mit Spitzenqualität herstellen. Das *High-Com*-Verfahren kann – das sei hier noch einmal deutlich gemacht – nur die *Aufzeichnung* auf eine Kompakt-Cassette oder ein Tonband verbessern, nicht aber das aufzuzeichnende Signal. Das *High-Com*-Verfahren (und auch unser *Hobby-Com*-Gerät) hat also keinen Einfluß auf die Tonquelle. Wenn diese Quelle – sei es nun eine Schallplatte oder Rundfunkempfang oder eine Mikrophonaufnahme – bereits Rauschen oder andere Störgeräusche (Brummen, Rumpeln) enthält, dann kann kein Rauschunterdrükkungssystem der Welt diese Störungen wieder beseitigen – sie sind ja sozusagen Bestandteil des Nutzsignals, im Gegensatz zu dem Rauschen, das vom Bandmaterial verursacht wird.

Sie müssen also vor der Aufnahme über *High-Com* die Tonquelle möglichst störungsfrei machen, nach der alten Regel: das schwächste Glied in der Kette bestimmt die Qualität des Endprodukts.

Die Qualität der Tonquelle läßt sich oft in erstaunlichem Maße beeinflussen. Darauf wollen wir zum Schluß noch mit einigen Tips eingehen.

Aufzeichnung von Rundfunksendungen

Wenn Sie Besitzer eines *Hobby-Com* sind, dann steigt damit automatisch Ihr Qualitätsanspruch. Und da Sie Ihren Cassetten-Recorder sicher auch für Aufnahmen benutzen werden, die über Hörfunk ins Haus kommen, sollten Sie genau prüfen, daß Sie einen möglichst störungsfreien Rundfunkempfang haben. Das setzt – besonders bei Stereosendungen, die ja nur über UKW möglich sind – eine recht hohe Empfangsfeldstärke voraus. Wenn Sie die mit Ihrem Receiver nicht erzielen, dann sehen Sie sich zunächst einmal Ihre Antenne an. Von ihr hängt sehr viel ab.

Wenn Sie keine eingebaute Antenne im Haus haben und auch Schwierigkeiten haben, eine Außenantenne anzubringen – manche Hausbesitzer haben etwas dagegen –, dann hier ein ganz einfacher Tip, der sehr wirkungsvoll ist. Man kann sich nämlich im Zimmer selbst eine Antenne bauen.

In *Abbildung 17* haben wir das Schema einer Antenne dargestellt, die aus ca. 5 Meter Flachkabel mit 240 Ohm besteht. Das ist Kabel mit einem bestimmten Widerstand, das man im Laden kaufen kann. Dieses Flachkabel ist für eine Antenne geeignet, die sich besonders bei Empfangsgeräten bewährt, die einen 240-Ohm-Eingang für zwei nebeneinanderlie-

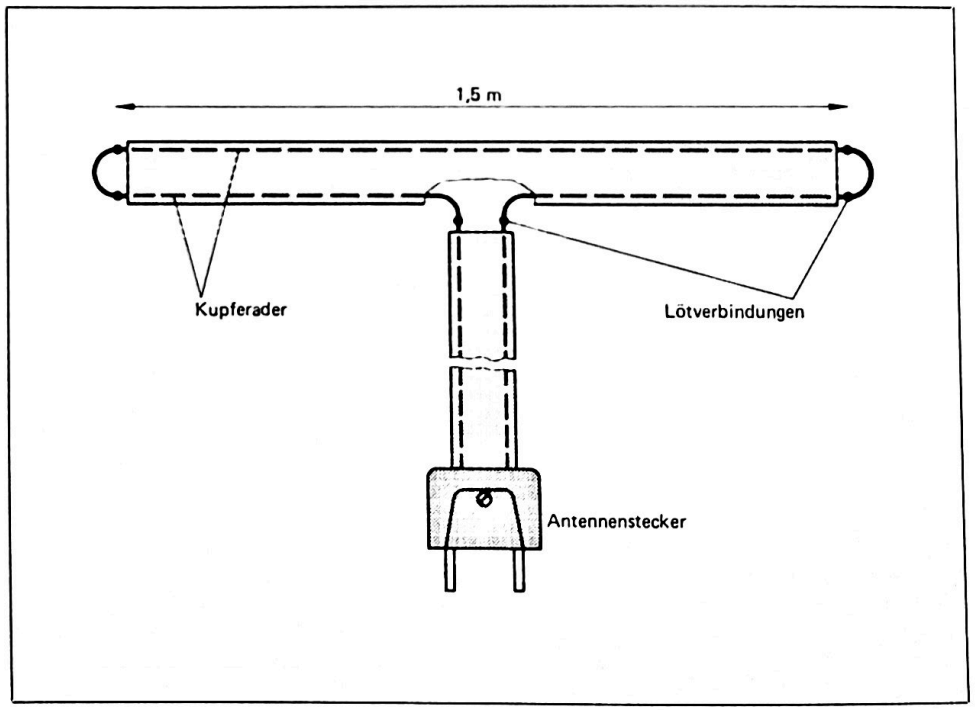


Abb. 17: Eine ohne großen Aufwand selbst zu bauende Antenne für guten UKW-Empfang.

gende Steckbuchsen haben. Wenn Sie einmal in die Betriebsanleitung Ihres Receivers schauen, können Sie feststellen, ob er einen solchen Eingang hat.
Schneiden Sie von den 5 Metern Flachkabel ca. 1,5 Meter ab. Isolieren Sie die beiden Enden jeweils einen Zentimeter ab und löten Sie die beiden freigewordenen Drähte wie auf *Abbildung 17* gezeigt zusammen.
Schneiden Sie dann genau in der Mitte des 1,5 m langen Flachkabels einen der beiden Drähte durch und trennen Sie das Flachkabel, von dieser Schnittstelle aus gerechnet, um jeweils 1 cm nach links und rechts auf. Dann die beiden freiwerdenden Enden wieder abisolieren und mit dem Rest des Kabels so zusammenlöten, daß insgesamt eine T-förmig gelegte große Schlaufe entsteht. Vor dem Anlöten an diesen Querbalken müssen Sie natürlich den Rest des Kabels auch wieder entsprechend abisolieren.
An das untere Ende dieses in der Mitte befestigten Flachkabels kommen schließlich zwei für den Eingang des Gerätes passende Stecker, und fertig ist die Antenne.
Sie können diese Antenne nun mit Reißnägeln leicht in Ihrem Zimmer so anbringen, daß man sie nicht sieht. Wir haben sie zum Beispiel an der Rückseite von Regalbrettern befestigt. Wenn der Receiver ebenfalls im Regal steht, brauchen Sie das herunterhängende Ende (mit dem Stecker) dann nur noch mit dem Gerät zu verbinden.
Natürlich gibt es solche Antennen auch zu kaufen; bei einigen neuen Geräten bekommt man sie sogar mitgeliefert. Aber selbermachen macht doch mehr Spaß – finden Sie nicht auch?
Nun ersetzt diese Zimmerantenne keine gute Außenantenne oder auch Gemeinschaftsantenne. Sie bringt allerdings für Ortssender deutlich verbesserte Empfangsverhältnisse. Falls Sie aber auch weiter entfernte UKW-Sender störungsfrei empfangen wollen, dann kommen Sie um eine gute Außenantenne nicht herum.

Überspielen von Cassetten oder Bändern

Mit dem Spulentonband oder der Kompakt-Cassette hat man den Vorteil, daß man Musik von mehreren Bändern zusammenstellen kann. Bei dieser Überspielung von Band zu Band oder von Cassette zu Cassette verstärkt sich das Rauschen allerdings erheblich. Mit dem *High-Com*-Compander kann man dies aber ganz stark reduzieren, so daß auch die Überspielung der HiFi-Norm entspricht. Am besten und einfachsten geht das von Cassetten, die bereits nach dem *High-Com*-System bespielt worden sind. Dann kann man direkt vom Recorder 1 (Wiedergabe) auf Recorder 2 (Aufnahme) überspielen (siehe *Abbildung 18*). Wie Sie sehen, benötigt man für diesen einfachen Kopiervorgang nicht einmal das *Hobby-Com*-Gerät. Wenn es in der Leitung liegt, dann muß es auf die Stellung *„High-Com* Aus" geschaltet werden. Allerdings ist während des

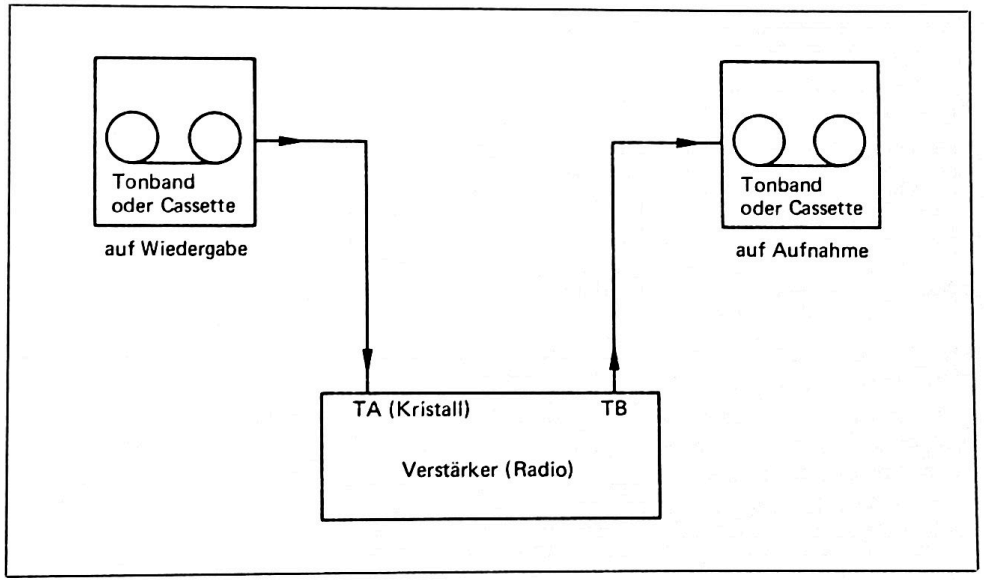


Abb. 18: Wenn Sie ein Band (oder eine Cassette) überspielen wollen, das schon nach dem *High-Com*-Verfahren bespielt wurde, brauchen Sie das *Hobby-Com*-Gerät nicht. Sie können es aber in der Leitung belassen (vgl. *Abbildung 16*) und schalten es dann einfach aus.

Überspielvorgangs die mitgehörte Musik verzerrt, denn Sie hören ja das komprimierte Signal; die Expansion fehlt zunächst. Wichtig ist: Die Rauschunterdrückung bei beiden Recordern, ob das nun *Dolby* oder *High-Com* oder andere sind, muß abgeschaltet sein, sonst entstehen Verzerrungen. Auf der so bespielten Cassette haben Sie nun ein nach dem *High-Com*-Verfahren komprimiertes Signal, das bei der Wiedergabe wieder expandiert werden muß. Schalten Sie Ihr *Hobby-Com*-Gerät nun auf „*High-Com* Ein", und Sie erhalten eine einwandfreie Wiedergabe. Beim aufnehmenden Gerät muß der Magnetisierungspegel stimmen (Testcassette!).
Anders ist es aber, wenn die Tonquelle eine Cassette ist, die nach keinem oder einem geringeren Rauschunterdrückungsstandard aufgezeichnet wurde. Das Rauschen, das einmal darauf ist, läßt sich auch mit *High-Com* nicht mehr eliminieren; Sie haben aber, wenn Sie es über den *Hobby-Com* überspielen, die Garantie, daß das Rauschen nicht weiter verstärkt wird.

Überspielung von Schallplatten auf Cassette

Die Schallplatte ist heute auf dem Gebiet der anspruchsvollen Aufnahmen immer noch der beherrschende Träger. Mit immerhin doch schon 40% Marktanteil haben die Kompakt-Cassetten der Schallplatte diese Position aber noch nicht streitig machen können. Wir sagten schon, daß Schallplatten mechanisch abgetastet werden und deshalb einen wesentlich geringeren Rauschanteil haben als Cassetten. Allerdings sind sie gegen mechanische Beschädigungen wiederum sehr empfindlich. Außerdem treten oft Störgeräusche durch elektrostatische Aufladungen der Platten auf. Solche Nachteile kann man aber vermeiden, wenn man die Platte naß abspielt.
Probleme beim Überspielen von Schallplatten kann es eigentlich nur dann geben, wenn ein wirklich schlechter Plattenspieler oder eine schon ziemlich ruinierte Schallplatte verwendet wird. Ein starkes Rumpeln und Knacken oder Knistern ist dann oft nicht zu vermeiden. Und der Rumpelanteil kann im Compander-System des *Hobby-Com* Fehlfunktionen auslösen: z. B. kann bei leisen Passagen die Kompression oder Expansion verändert werden, so daß der Eindruck entsteht, daß das Rauschunterdrückungssystem ein- und ausgeschaltet wird.
In diesem Fall hilft nur die Vorschaltung eines Rumpelfilters, der allerdings zu gewissen Qualitätsverschlechterungen in den Tiefen führt. Man kann gegebenenfalls den im Verstärker bzw. Receiver eingebauten Rumpelfilter benutzen.
Wenn man eine Dämpfung des unteren Frequenzbereiches in Kauf nimmt, kann man auch die beiden Kondensatoren C1 und C2 in den Empfangsverstärkerstufen des *Hobby-Com* von 220 nF bzw. 150 nF auf 100 nF verringern. Allerdings lassen sich dadurch Rumpeleinflüsse nur zum Teil verringern. Solche Probleme mit dem Rumpeln tauchen bei einem guten Plattenspieler und noch nicht ganz lädierten Platten nicht auf.
Überhaupt würden wir Ihnen empfehlen, eine neue Platte sofort mit Hilfe des *Hobby-Com* auf Cassette oder Tonband zu überspielen. Sie haben dann die Gewähr dafür, die wirklich noch jungfräuliche Platte konserviert zu haben. Ein Tonband nutzt sich ja nicht, wie etwa die empfindliche Platte, beim mehrmaligen Abspielen hörbar ab. Die praktisch noch neue Platte können Sie nach dem Überspielen als Originaltonquelle in Ihrem Privatarchiv ablegen.

Mikrophon-Aufnahmen auf Cassette

Auch dafür läßt sich *Hobby-Com* benutzen. Er garantiert dann, daß Sie rauschfreie Aufnahmen auf dem Band haben.
Die Aufnahmetechnik selbst ist sehr einfach. Sie können Mono-Aufnahmen mit nur einem Mikrophon oder auch Stereo-Aufnahmen mit zwei oder mehreren Mikrophonen herstellen. Schalten Sie dazu die Mikrophone über Ihren Receiver und Ihr *Hobby-Com* auf das Cassetten- oder Tonbandgerät so, wie es auf *Abbildung 16* dargestellt ist.
Hinweisen möchten wir darauf, daß Aufnahmen mit einem Mikrophon, das direkt in den Cassetten Recorder eingebaut ist, nicht über *High-Com* möglich sind. Das gilt auch für den direkten Anschluß des Mikrophons an das Cassetten- oder Bandgerät.
Wir wünschen Ihnen viel Spaß beim Aufbau des *Hobby-Com* und vor allem beim Benutzen dieses hilfreichen Kästchens!
Übrigens: Das *High-Com*-System hat den *Deutschen HiFi Preis 1980* der Zeitschrift *Klangbild* erhalten.

Spar-Angebot für Kerzenmacher:

Angeregt durch unsere Hobbythek über Kerzenherstellung, haben sich zwei Firmen bereiterklärt, ein Sortiment zusammenzustellen, das Sie anfordern können. Falls Sie nicht eine billige Einkaufs-Quelle für Ihre Kerzen-Materialien haben, empfehlen wir Ihnen diese beiden Angebote:

1. Von der Firma IHDE-Kerzen, Vielohweg 84, 2000 Hamburg 61.

Enthalten in dem Spar-Paket zum Preis von DM 20,– (plus Versandkosten) sind folgende Materialien:

2.500 g Paraffin
500 g Stearin
200 g Bienenwachs
3 verschiedene Dochte: (2 × 0,50 m, 1 × 1 m)
4 Farben
1 fluoreszierende Wachsfarbe

2. Von der Firma hobby-time bastel-system gmbh, 7995 Neukirch/Bodensee.

Enthalten sind in diesem Spar-Paket zum Preis von DM 26,50:

2.000 g Cerosin Wachs-Granulat (Paraffin)
200 g Bienenwachs
500 g Kerzen-Stearin
450 g Ceroplast-Reliefwachs (Hartwachs)
4 verschiedene Dochte, 50 cm lang
10 Teelicht-Dochte
5 Wachs-Farbpigmente (zum Einfärben)
2 Stangen Klebewachs

Es ist im Hobby-Handel, also in normalen Bastelgeschäften und Do-it-yourself-Läden, erhältlich.

Musikgenuß ohne Rauschen

Den Bausatz zum *Hobby-Com* stellt die Firma Thomsen-Elektronik, Hauptstraße 54, 6349 Nenderoth, Telefon: 06477/314–315, her. Diese Firma versendet allerdings nicht an Privatpersonen, es ist also zwecklos, dort direkt zu bestellen.

Sofern Sie keinen Händler in der Nähe haben, oder er nicht in der Lage ist, den Bausatz zu besorgen, können Sie ihn auch per Nachnahme über folgende Adresse erhalten:

vgs, Breite Straße 118–120, 5000 Köln 1, Telefon: 02 21/219641.

Empfohlener Preis des Bausatzes (Bestell-Nr. 7123-1) DM 149,50, incl. 2 Original-*High-Com*-Module, 1 gedruckte Schaltung, alle Bauelemente, Stecker und Schalter, 1 Test- und Abgleichkassette, 1 Frontplatte mit Beschriftung, 1 ausführliche Bau- und Abgleichbeschreibung.

Für die *Hobby-Com*-Interessenten, die sich das Zusammenlöten nicht zutrauen oder die sich die Arbeit ersparen wollen, gibt es den Bausatz auch fertig verlötet. Hier brauchen Sie die *High-Com*-Module nur in die fertige Platine einzustekken. Auch die Spannungsversorgung ist mit verlötetem Steckkontakt herausgeführt.

Preis des fertig verlöteten *Hobby-Com:*
(Bestell-Nr. 7124-X) DM 189,–

Sofern Sie das Gehäuse nicht nach unserer Anleitung selbst bauen wollen, erhalten Sie auch ein fertiges, in das die Frontplatte genau paßt.
(Bestell-Nr. 7126-6) Preis: DM 20,50

Preis des Steckernetzteils:
(Bestell-Nr. 7125-8) DM 12,––